

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 Отделение школы: Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Анализ эффективности воздействия деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяных эмульсий на Южно-Майском нефтяном месторождении (Томская область)</b>

УДК 665.622.43.066.6:622.323(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Д	Пастаева Алина Кирилловна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Карпова Евгения Геннадьевна			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7) (ЕАС-4.2a) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3е)
<b>в области производственно-технологической деятельности</b>		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	Внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
<b>в области организационно-управленческой деятельности</b>		
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования ресурсов	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)
<b>в области экспериментально-исследовательской деятельности</b>		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)
<b>в области проектной деятельности</b>		
P11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 Отделение школы: Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Д	Пастаевой Алине Кирилловне

Тема работы:

Анализ эффективности воздействия деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяных эмульсий на Южно-Майском нефтяном месторождении (Томская область)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	59-120/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2020
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ по Южно-Майскому месторождению, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Изучение нормативной документации, общих сведений об эмульсиях, процессах ее образования, а также методов разрушения эмульсии. Обзор литературных источников по использованию химических реагентов-деэмульгаторов для разрушения водонефтяной эмульсии.

	<p>Анализ технологии проведения лабораторных испытаний деэмульгаторов.</p> <p>Изучение месторождения «Южно-Майское», его характеристик и географических особенностей.</p> <p>Подбор наиболее эффективного для данной эмульсии деэмульгатора.</p> <p>Разработка разделов «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «социальная ответственность».</p> <p>Заключение и выводы по работе.</p>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Анализ влияния деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяных эмульсий	Старший преподаватель, Карпова Евгения Геннадьевна
Общие сведения о Южно-Майском нефтяном месторождении	
Расчетно-технологическая часть	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ассистент, Черемискина Мария Сергеевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</b>	
Анализ влияния деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяных эмульсий	
Общие сведения о Южно-Майском нефтяном месторождении	
Расчетно-технологическая часть	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	
Социальная ответственность	
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	02.03.2020

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	Д.Э.Н.		
Старший преподаватель	Карпова Евгения Геннадьевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Д	Пастаева Алина Кирилловна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 21.03.01 Нефтегазовое дело

Уровень образования: бакалавриат

Отделение школы: Отделение нефтегазового дела

Период выполнения: весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2020	Введение	10
24.03.2020	Водонефтяные эмульсии. Деэмульгаторы	20
03.04.2020	Общие сведения о Южно-Майском нефтяном месторождении	10
25.04.2020	Расчетно-технологическая часть	20
11.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
18.05.2020	Социальная ответственность	15
10.06.2020	Оформление работы	10

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н.		

##### Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Карпова Евгения Геннадьевна			

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 78 страниц, в том числе 10 рисунков, 26 таблиц. Список литературы содержит 19 источников. В работе включено 3 приложения.

Ключевые слова: нефть, деэмульгатор, водонефтяная эмульсия, подготовка нефти, обезвоживание.

Объектом исследования является технология разделения водонефтяных эмульсий на Южно-Майском месторождении с помощью неионогенных деэмульгаторов.

Цель работы – оценка эффективности воздействия деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяной эмульсии.

В процессе исследования была изучена геологическая и геолого-промысловая характеристика месторождения, рассмотрено понятие нефтяной эмульсии и причины ее образования; проводились лабораторные испытания деэмульгатора, путем приготовления растворов деэмульгаторов, приготовления водонефтяной эмульсии определенной обводненности, дозирования деэмульгатора и наблюдения за ходом испытаний с фиксированием результатов через определенные промежутки времени.

В результате исследования был подобран наиболее эффективный деэмульгатор, обеспечивающий достаточную скорость отделения воды, и определен его расход на тонну эмульсии.

Степень внедрения: на основе лабораторных исследований можно сделать вывод о целесообразности проведения опытно-промышленных испытаний деэмульгатора, что позволяет избежать лишних затрат.

Область применения: первичная подготовка нефти.

Экономическая значимость работы заключается в подборе эффективного деэмульгатора с меньшим удельным расходом.

В будущем планируется создание композиционного деэмульгатора на основе уже используемого, который сможет обеспечить большую эффективность, как технологическую, так и экономическую.

## Оглавление

Введение.....	9
1 Анализ влияния деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяных эмульсий.....	11
1.1 Водонефтяные эмульсии .....	11
1.1.1 Типы эмульсий и процессы их образования .....	11
1.1.2 Физико-химические свойства водонефтяных эмульсий .....	12
1.1.3 Процесс старения эмульсии .....	13
1.1.4 Способы разрушения водонефтяных эмульсий.....	14
1.2 Деэмульгаторы .....	15
1.2.1 Ионогенные деэмульгаторы.....	15
1.2.2 Неионогенные деэмульгаторы.....	17
1.2.3 Совместное действие различных деэмульгаторов.....	19
2 Общие сведения о Южно-Майском нефтяном месторождении.....	22
3 Расчетно-технологическая часть .....	26
3.1 Общая характеристика технологического комплекса.....	26
3.2 Характеристика сырья, реагентов и готовой продукции нефти.....	27
3.3 Методика лабораторных испытаний деэмульгаторов.....	29
3.4 Лабораторные испытания деэмульгаторов.....	32
3.5 Анализ результатов лабораторных исследований .....	40
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 42	
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	42
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	42
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	43
4.1.3 SWOT – анализ .....	45
4.2 Планирование исследовательских работ в рамках ВКР .....	46
4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования .....	46

4.2.2	Определение трудоемкости работ .....	47
4.2.3	Разработка графика проведения исследования.....	48
4.2.4	Бюджет проводимого исследования .....	50
4.2.4.1	Расчет материальных затрат .....	51
4.2.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	51
4.2.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	51
4.2.4.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	53
4.2.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .	53
4.2.4.6	Накладные расходы .....	54
4.2.4.7	Формирование бюджета затрат исследовательского проекта.....	54
4.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	54
5	Социальная ответственность .....	60
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	60
5.2	Производственная безопасность.....	61
5.2.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровня воздействия .....	62
5.2.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровня воздействия .....	65
5.3	Экологическая безопасность.....	68
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
	Заключение .....	71
	Заключение .....	72
	Список используемых источников.....	74
	Приложение 1 .....	76
	Приложение 2 .....	77
	Приложение 3 .....	78



## **Введение**

Одной из наиболее острых проблем при разработке месторождений высоковязких нефтей является подготовка добываемой продукции согласно требованиям, предъявляемым к товарной нефти. Сложность обезвоживания обусловлена высокой устойчивостью водонефтяных эмульсий, которые образуются при совместном движении нефти и воды. Высокая вязкость нефти, малый диаметр капель воды в эмульсии, а также высокое содержание природных стабилизаторов эмульсий в нефти – вот основные факторы, которые усложняют процесс обезвоживания нефти. Усилия многих ученых и инженеров направлены на поиск путей снижения стабильности водонефтяных эмульсий и способов интенсификации обезвоживания высоковязких нефтей.

Деэмульгаторы – это поверхностно-активные вещества, вытесняющие с поверхности глобул воды, диспергированной в нефти, бронирующую оболочку, которая состоит из полярных (входящих в её состав) компонентов, а также частиц парафина и механических примесей. Эффективность применяемого реагента-деэмульгатора является основным фактором при решении проблем сбора и подготовки нефти. В настоящее время ассортимент современных деэмульгаторов широк. Однако, зачастую невозможно достичь требуемой глубины обезвоживания в системе сбора продукции нефтяных скважин и в технологических процессах подготовки.

Целью работы является выбор наиболее оптимального деэмульгатора среди доступных, который будет соответствовать технологическим и экономическим требованиям предприятия.

Чтобы подобрать наиболее подходящий деэмульгатор сначала среди имеющегося набора выбираются наиболее перспективные, а следующим шагом отбираются деэмульгаторы, эффективность которых выше уже используемого промышленного деэмульгатора.

Актуальность темы. В настоящее время на Южно-Майском нефтяном месторождении продукция имеет среднюю обводненность 26%, и для

получения товарной нефти, соответствующей ГОСТ Р 51858-2002 [1], необходимо применение химических реагентов-деэмульгаторов.

Объектом и предметом исследования является маловязкая, малосернистая, парафинистая нефть Южно-Майского нефтяного месторождения, и процессы ее обезвоживания путем применения деэмульгаторов.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения результатов исследования при выборе деэмульгатора для дальнейших опытно-промышленных испытаний.

# **1 Анализ влияния деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяных эмульсий**

## **1.1 Водонефтяные эмульсии**

### **1.1.1 Типы эмульсий и процессы их образования**

Поступающее из скважины сырье представляет собой смесь нефти, газа и воды. Вода и нефть при этом образуют устойчивые эмульсии.

Эмульсией называется дисперсная система, состоящая из двух или нескольких жидких фаз, т.е. одна жидкость (дисперсная или внутренняя фаза) содержится в другой (дисперсионной или внешней среде) во взвешенном состоянии в виде огромного количества микроскопических капель (глобул). Глобулы дисперсной фазы имеют форму шара, так как при этом глобула определенного объема будет иметь наименьшую поверхность и наименьшую свободную энергию.

Существуют два основных типа эмульсий: дисперсии нефти в воде (Н/В) и дисперсии воды в нефти (В/Н).

1. Первый тип – прямая эмульсия, когда капли нефти (неполярная жидкость), являются дисперсной фазой и распределены в воде (полярная жидкость) – дисперсионной среде. Такие эмульсии называются «нефть в воде» и обозначаются Н/В.

2. Второй тип – обратная эмульсия, когда капельки воды (полярная жидкость) – дисперсная фаза – размещены в нефти (неполярная жидкость), являющейся дисперсионной средой. Такие эмульсии называются «вода в нефти» и обозначаются В/Н.

3. Множественная эмульсия – это такая система, когда в сравнительно крупных каплях воды могут находиться мелкие глобулы нефти, или в крупных каплях нефти находятся мелкие глобулы воды [2].

Эмульсии образуются в процессе добычи и транспортировки продукции во время перекачивания насосами, при движении через различные штуцеры, повороты и сужения трубопровода. При этом на поверхности

раздела дисперсной и дисперсионной фаз накапливается свободная поверхностная энергия, которая затем идет на образование межфазной пленки.

### 1.1.2 Физико-химические свойства водонефтяных эмульсий

Значимой характеристикой эмульсии является дисперсность – это степень раздробленности дисперсной фазы в дисперсионной среде. От дисперсности зависят многие другие свойства эмульсий. Промысловые эмульсии никогда не бывают монодисперсны. Они всегда полидисперсны, т.е. содержат капли дисперсной фазы разных диаметров. По дисперсности нефтяные эмульсии подразделяются на:

- мелкодисперсные –  $d_k = 0,2 - 20$  мкм;
- среднедисперсные –  $d_k = 20 - 50$  мкм;
- грубодисперсные –  $d_k = 50 - 300$  мкм.

При проектировании трубопроводов, которые будут транспортировать продукцию со скважин к установкам подготовки нефти (УПН), и подборе резервуаров, где будет происходить отстой эмульсии, необходимо также учитывать ее вязкость. Определение вязкости эмульсии невозможно путем сложения вязкости нефти и воды, для этого нужно проводить лабораторные исследования. Так как нефтяные эмульсии являются неньютоновской жидкостью, то вязкость будет зависеть от величины градиента скорости:

$$\mu = f\left(\frac{dv}{dr}\right), \quad (1)$$

т.е.  $\mu_0$  – кажущаяся вязкость, поэтому  $\mu_0^* = f(\mu_n, \mu_v, T, W, D, pH, \sigma, dv/dr)$ .

Плотность эмульсии определяется исходя из плотности нефти и пластовой воды и их объемного или процентного содержания в составе эмульсии. Определить данную величину относительно несложно, так она является практически аддитивной.

Немаловажным параметром эмульсии является точка инверсии – критическая концентрация воды, при которой дисперсная фаза становится дисперсионной средой и наоборот. Данное свойство зачастую используется

при транспортировке, например, эмульсия, у которой внешней фазой является вода, требует меньших энергетических затрат, чем обратная эмульсия.

Нефть в чистом виде является диэлектриком и ее проводимость колеблется от  $10^{-10}$  до  $10^{-15} (\text{Ом} \times \text{см})^{-1}$ , а электропроводность воды без примесей - от  $10^{-7}$  до  $10^{-8} (\text{Ом} \times \text{см})^{-1}$ .

Самыми главными параметрами эмульсий для данной работы являются кинетическая и агрегативная устойчивость.

Седиментационной (кинетической) называется устойчивость дисперсной фазы по отношению к гравитационным силам, т.е. выражает способность системы противостоять осаждению или всплыванию частиц (глобул) внутренней фазы.

Агрегативная устойчивость – это способность системы к постоянности дисперсности и индивидуальности частиц дисперсной фазы.

$$d \downarrow \rightarrow D \uparrow \rightarrow S \uparrow \rightarrow K_y \uparrow$$

Устойчивость системы прямо пропорциональна поверхности дисперсной фазы, поэтому чем меньше диаметр глобул частиц, тем выше дисперсность и более устойчива система. Поэтому при подготовке нефти необходимо добиться максимально низкой устойчивости системы для её разрушения.

### **1.1.3 Процесс старения эмульсии**

Процесс образования и упрочнения пленки на поверхности капель воды называется «старением эмульсии». Процесс старения водонефтяной эмульсии в начальной фазе протекает довольно быстро, но с насыщением эмульгаторами поверхностного слоя капель воды, происходит замедление упрочнения пленки и процесс старения прекращается. В зависимости от типа нефти и природных эмульгаторов, этот процесс может длиться от нескольких часов до нескольких дней. К концу старения пленка вокруг глобул воды становится очень прочная (бронирующая), в результате чего трудно разрушается деэмульгаторами. В процессе образования эмульсий, могут образовываться глобулы воды различных размеров. В процессе старения,

такие эмульсии можно разделить на легкорасслаивающиеся, средней стойкости и стойкие. При этом, чем мельче образуются глобулы, тем более стойкая образуется эмульсия (рис.1).

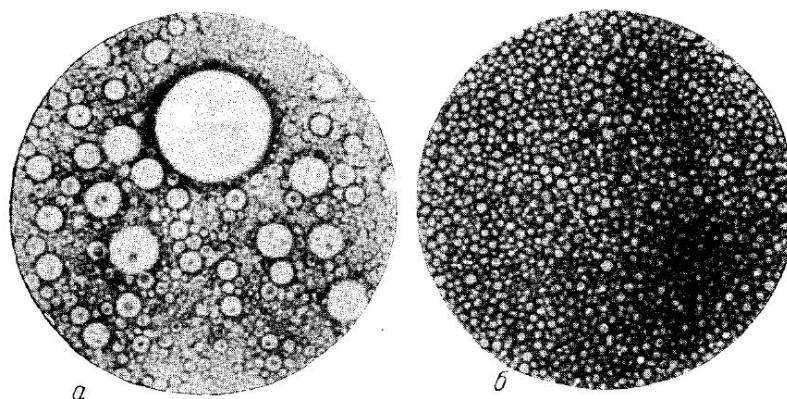


Рисунок 1 – Нефтяная эмульсия в процессе старения под микроскопом: а) легкорасслаивающаяся эмульсия, с преобладанием крупных глобул воды; б) стойкая эмульсия, содержащая средние и мелкие капли воды

По размеру глобул эмульсии можно разделить следующим образом:

- от 50 до 100 мкм – легкорасслаивающиеся;
- от 20 до 50 мкм – средней стойкости;
- от 0,1 до 20 мкм – стойкие эмульсии;

Кроме размера глобул и времени, на стойкость нефтяных эмульсий также влияют такие факторы, как температура, содержание парафина, асфальтенов, количество и состав пластовой воды и т.д

#### **1.1.4 Способы разрушения водонефтяных эмульсий**

На практике при подготовке нефти применяют несколько методов разрушения водонефтяных эмульсий одновременно, которые можно классифицировать как:

1. Термохимический: с применением отстаивания, обработкой химическим реагентом, подогревом эмульсии;
2. Термоэлектрохимический: с применением отстаивания, обработкой химическим реагентом, воздействием электрического поля и подогревом нефтяной эмульсии;

3. Трубная деэмульсация: воздействие химических реагентов, воздействие завихрений и турбулентных пульсаций потока в трубопроводе, а также динамического отстаивания;

4. Пенная деэмульсация: обработка химическим реагентом, подогревом эмульсии, а также воздействием энергии расширяющегося газа и эффектом взаимодействия с дренажной водой [3].

Как можно заметить, все перечисленные способы включают в себя воздействие химическим реагентом. После разрушения бронирующей оболочки, деэмульгатор образует новую защитную оболочку, с более низкими структурно-механическими свойствами, которая не будет препятствовать дальнейшей коалесценции капель воды в эмульсии.

Также путем снижения концентрации природных стабилизаторов в составе нефти можно предупредить рост устойчивости эмульсии. К природным стабилизаторам нефтяных эмульсий относятся естественные «поверхностно активные вещества» (парафины, асфальтены, смолы, нафтены и другие). Стабилизирующим фактором для эмульсии являются и мельчайшие взвешенные частицы кварца, глины, соли, поэтому при подготовке нефти важно также уделить внимание подбору ингибиторов отложений АСПО и депрессантам, снижающим вязкость нефти.

## **1.2 Деэмульгаторы**

### **1.2.1 Ионогенные деэмульгаторы**

Деэмульгаторы обычно подразделяются на две группы: ионогенные (образующие ионы в водных растворах) и неионогенные (не образующие ионы в водных растворах).

Ионогенные деэмульгаторы могут быть подразделены на анионоактивные и катионоактивные в зависимости от того, какие поверхностно-активные группы они содержат: анионы или катионы.

Анионоактивные, образующие в водных растворах при ионизации ПАВ поверхностно-активные анионы, в состав которых входят углеводородная часть молекулы и катионы, представляющие неорганические

ионы, чаще всего натриевые. Анион из раствора адсорбируется на поверхности глобулы воды, вытесняя образовавшуюся защитную оболочку, создает на ней новую, более слабую оболочку с отрицательным зарядом.

Катионоактивные, подвергающиеся ионизации в водных растворах с образованием поверхностно-активных катионов, состоящих из углеводородных радикалов и обычно неорганических анионов. Катион, адсорбируясь на поверхности частицы воды, вытесняет защитную оболочку, создает на ней новую, механически менее прочную с положительным зарядом. Деэмульгаторы этой подгруппы отличались незначительной активностью.

К первой подгруппе относят деэмульгаторы типа НЧК (нейтрализованный черный контакт), НКГ (нейтрализованный кислый гудрон) ТК (товарный контакт), СУ (сульфированные масла), алкисульфатнатрия, нафтеновые кислоты и их соли – нафтенаты, сульфонафтенны алюминия и кальция и др. [4].

Наибольшее распространение получил натриевый НЧК, получаемый сульфированием масляных и керосиновых фракций нефти. После нейтрализации щелочью он содержит в качестве активного начала соли сульфокислот. По химической природе представляет собой соли водорастворимых кислот, получаемых при сульфировании керосино-газойлевых дистиллятов или экстрактов от очистки масел кислотой, олеумом или газообразным серным ангидридом с последующим отделением кислого гудрона, промывкой его водой и нейтрализацией щелочью. На данный момент практически не применяется и имеет ряд недостатков: низкое содержание поверхностно-активного вещества (в лучших сортах около 40—60% солей сульфокислот), что приводит к дорогостоящим перевозкам балласта; высокий удельный расход (0,5—3 кг/т, иногда и более); при взаимодействии НЧК с пластовой водой могут образоваться твердые осадки (гипс, гидрат окиси железа и др.), для удаления которых из аппаратов и трубопроводов потребуются значительные затраты [4].



Ионогенные деэмульгаторы способствуют также образованию эмульсий типа нефть в воде, что приводит к значительному содержанию нефти в дренажной воде. В связи с этим в настоящее время деэмульгаторы типа НЧК и НКГ не применяются.

В целом можно сказать, что катионактивные деэмульгаторы не нашли достаточного применения из-за их низкой активности.

### **1.2.2 Неионогенные деэмульгаторы**

Наибольшее распространение в настоящее время получили неионогенные деэмульгаторы, т.е. такие, которые в водных растворах не диссоциируют на ионы. Исходным сырьем для такого синтеза могут служить органические кислоты, спирты, фенолы и др., а также окись этилена и окись пропилена.

Неионогенные ПАВ в настоящее время находят самое широкое применение в процессах обезвоживания и обессоливания нефти в силу целого ряда преимуществ по сравнению с ионогенными ПАВ.

Их расход исчисляется граммами - от 5-10 до 50-60 г на 1 т нефти. Величина расхода деэмульгатора для подготовки нефти зависит от множества факторов: технология процесса подготовки, технология применения деэмульгатора, физико-химические свойства деэмульгаторов, свойства нефтяных эмульсий и т.д. В свою очередь, свойства добываемых нефтяных эмульсий изменяются во времени и зависят от обводненности и состава нефти, минерализации пластовой воды, физико-химических и коллоидно-химических свойств нефтей, состава природных стабилизаторов, наличия частиц мехпримесей и их природы.

Современные деэмульгаторы представляют собой, как правило, химические вещества, полученные сложным многостадийным синтезом. Обычно технология обработки эмульсии включает в себя две стадии: сначала эмульсия подвергается неоднократному воздействию гидрофильной жидкостью (водой) с добавлением моющих реагентов, что позволяет

перевести механические примеси в водную фазу, а затем под действием деэмульгатора происходит коалесценция капель нефти [5].

Учитывая то, что нефть, пластовые воды и сами композиции деэмульгаторов являются многокомпонентными системами очень сложно, а часто просто невозможно разработать универсальные теоретические критерии подбора состава деэмульгатора применительно к конкретным условиям применения. В связи с этим, самым распространенным методом подбора деэмульгатора является проведение многофакторного эксперимента по моделированию процесса деэмульсации в лабораторных условиях при варьировании соотношения компонентов в составе деэмульгатора. При этом температурно-временной режим проведения эксперимента должен быть максимально приближен к реальному процессу подготовки нефти на промысле. Следует подчеркнуть, что в лабораторных условиях невозможно обеспечить такое же интенсивное перемешивание деэмульгатора в эмульсии, как в реальных системах и достичь аналогичной эффективности работы реагента. Поэтому дозировки деэмульгаторов, используемые при лабораторных исследованиях, всегда выше – обычно 2-5 раз – чем они будут в реальных системах подготовки.

Для разрушения нефтяных эмульсий в промышленных масштабах использовались растворы мыл. Одним из первых деэмульгаторов был американский «Третолайт», состоявший из олеата натрия (83%), фенола (4%), воды (1%), силиката натрия, натриевого канифольного мыла и парафина. Деэмульгаторы данной серии до настоящего времени активно используются в производстве. Также широкое применение для обезвоживания и обессоливания нефтей получили следующие реагенты: Прогалит (Германия), Дисолван 4411, Сепарол 25 с ингибитором коррозии (Германия), R-11 и X-2647 (Япония), L-1632 (США), Оксайд-А (Англия) и Серво-5348 (Голандия), Кемеликс 3448 (Великобритания) и др.

Деэмульгаторы должны удовлетворять следующим основным требованиям: хорошо растворяться в одной из фаз эмульсии; иметь

достаточную поверхностную активность, чтобы вытеснить с границы раздела «нефть-вода» естественные эмульгаторы, образующие защитную пленку на капельках воды; обеспечивать достаточное снижение межфазного натяжения на границе фаз «нефть-вода» при малых расходах реагента; не коагулировать в пластовых водах; быть инертными по отношению к металлам (не корродировать их). Одновременно с этим деэмульгаторы должны быть дешевыми, транспортабельными, не должны изменять своих свойств при изменении температуры или ухудшать качество нефти после обработки, обладать определенной универсальностью, т.е. способностью разрушать эмульсии различных нефтей и вод.

### 1.2.3 Совместное действие различных деэмульгаторов

Возможны три случая совместного действия на нефтяную эмульсию смеси двух и более деэмульгаторов:

- аддитивность, т.е. суммирование их деэмульгирующей способности;
- антагонизм, т.е. один ослабляет действие другого;
- синергизм, т.е. один усиливает действие другого.

На рисунке 2 приведён график концентрации двух деэмульгаторов (общее их количество принято за 100%), которое вызывает при данных условиях наиболее быстрое и полное разрушение эмульсии в отсутствие второго деэмульсатора.

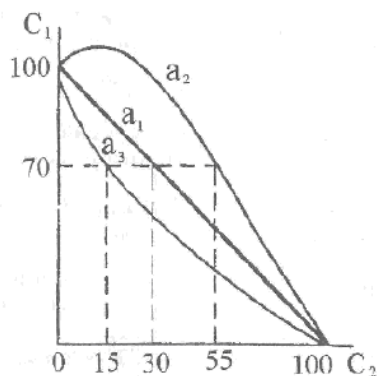


Рисунок 2 - График концентрации двух деэмульгаторов ( $a_1$  — аддитивность,  $a_2$  — антагонизм;  $a_3$  — синергизм),  $C_1$  и  $C_2$  — концентрации обоих деэмульгаторов, выраженные в процентах

В случае аддитивности попытка добиться разрушения эмульсии одним деэмульгатором в концентрации меньше, чем 100%, потребует добавления пропорционального количества второго, так, если одного взято 70% от необходимой концентрации, то второго потребуется добавить 30% (в сумме 100%), и т.д.

При антагонизме оказывается, что при 70% концентрации одного из них нужно уже не 30% концентрации другого, а больше, например, 55%. Таким образом, сумма их парциальных концентраций станет больше 100%.

При синергизме для тех же 70% от концентрации одного деэмульгатора достаточно добавить только 15% от концентрации второго (в сумме меньше 100%), чтобы получить быстрое разрушение эмульсии.

Пример изменения свойств композиционного деэмульгатора в зависимости от концентраций входящих в его состав компонентов приведен на рисунке 3.

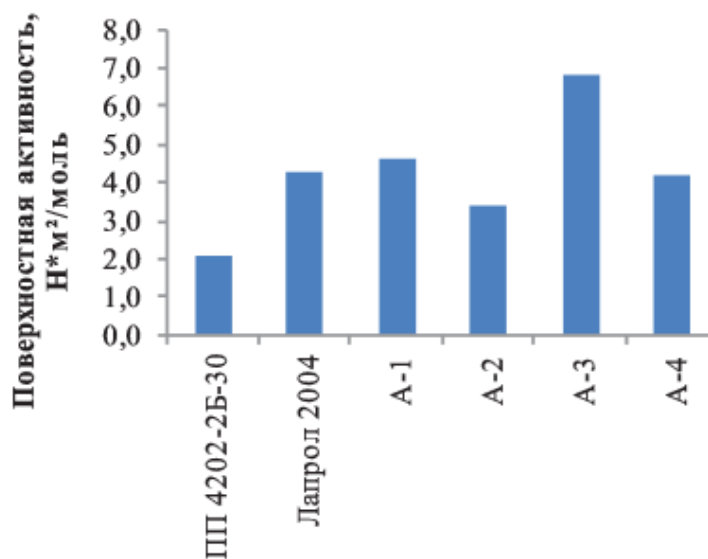


Рисунок 3 – Значения поверхностной активности композиционных составов на границе «толуол – вода»

Путем компаундирования ПП 4202-2Б-30, Лапрол 2004, АПЭП, ПОП и метанола соответственно были получены композиции следующих составов (% масс.):

1. 42: 6: 0,5: 1,5: 50 (А-1);

2. 42: 6: 1,0: 1,0: 50 (А-2);
3. 42: 6: 1,5: 0,5: 50 (А-3);
4. 42: 6: 2,0: 0: 50 (А-4).

Как видно из примера, с помощью лабораторных исследований можно подобрать концентрацию компонентов, при которой будет наблюдаться наибольшая деэмульгирующая способность композиции.

Синергизм, антагонизм и аддитивность деэмульгаторов в нефтедобывающей промышленности изучены пока недостаточно, так как тяжело установить зависимости между концентрацией компонента и его влиянием на процесс деэмульсации нефти определенного состава, а также установить каким образом компоненты влияют на деэмульгирующую способность друг друга. Изучить данные свойства возможно лишь благодаря лабораторным и опытным испытаниям.

## **2 Общие сведения о Южно-Майском нефтяном месторождении**

В административном отношении Южно-Майское нефтяное месторождение (лицензионный участок № 70-3) расположено в Каргасокском районе Томской области.

Месторождение находится в районе со слабо развитой инфраструктурой. Расстояние от центральной части месторождения до областного центра – г. Томска составляет 473 км. Ближайший населенный пункт – п. Майск, который расположен в 25 км севернее участка работ. В непосредственной близости от участка работ расположены Средне-Майское, Западно-Майское, Майское, Северо-Фестивальное, Центральное-Фестивальное и Фестивальное месторождения. Ближайший нефтесборный пункт расположен в 90 км от лицензионного участка на Лугинецком месторождении, от которого проложен ведомственный нефтепровод, идущий до поселка Парабель, где он соединяется с магистральным нефтепроводом. Южно-Майский участок недр (лицензионный участок № 70-3) относится к Лугинецкому нефтегазодобывающему району.

В настоящее время лицензия (ТОМ 15008 НЭ от 28.09.2010 г.) на право пользоваться недрами с целью разведки и добычи углеводородного сырья Южно-Майского месторождения принадлежит ООО «Альянснефтегаз».

В географическом отношении район работ расположен в пределах юго-восточной части Западно-Сибирской низменности. Климат континентальный, типичный для таежной зоны Западной Сибири. Зимний период отличается большой продолжительностью и низкими температурами. Среднее значение температуры воздуха в январе составляет  $-20^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры воздуха  $-55^{\circ}\text{C}$ . Лето короткое, но теплое, иногда жаркое. Средняя температура воздуха в июле составляет  $+18^{\circ}\text{C}$ , абсолютный температурный максимум  $+37^{\circ}\text{C}$ . Средний показатель периода с положительными температурами составляет 85-115 дней.

Рассматриваемая территория находится в зоне ветров со среднегодовыми скоростями 3–5 м/с. Среднегодовое количество осадков составляет 450-700 мм. Значительная часть приходится на осенний период.

Особенностью рассматриваемой территории является развитие болот, заболачивание и переувлажнение пониженных участков рельефа в результате скопления поверхностных вод в летне-осенний и в паводковый периоды. В зимний период наблюдается морозное пучение почв. Глубина их сезонного промерзания изменяется от 0,6 м для торфа до 2,4 м для суглинков и глин.

Месторождения строительных материалов в пределах участка работ отсутствуют.

Сейсмическая активность по бальной системе шкалы MSK-64 не превышает 7 баллов.

В результате Оперативного подсчета начальные запасы нефти (геологические/извлекаемые) по категории C1 составили 4039/1782 тыс. т, а по категории C2 – 5648/2941 тыс. т. По категориям C1+C2 – 9687/4273 тыс.т. Начальные запасы растворенного газа (геологические/извлекаемы) составили: по категории C1 – 308/136 млн. м<sup>3</sup>, по категории C2 – 430/190 млн. м<sup>3</sup>, по категориям C1+C2 – 738/326 млн. м<sup>3</sup> (данные на 2012 г.)

По величине запасов углеводородного сырья Южно-Майское месторождение относится к числу средних, а по сложности геологического строения – к числу сложных.

Рассчитанный КИН составил 0,44.

На рисунке 4 изображена обзорная карта месторождения, где зеленым цветом обозначена площадь с запасами категории C<sub>1</sub>, а желтым – C<sub>2</sub>. На рисунке 5 приведен схематический геологический разрез месторождения по скважинам 410-400-401-5, который охватывает большую часть месторождения с категорией запасов C<sub>1</sub>.

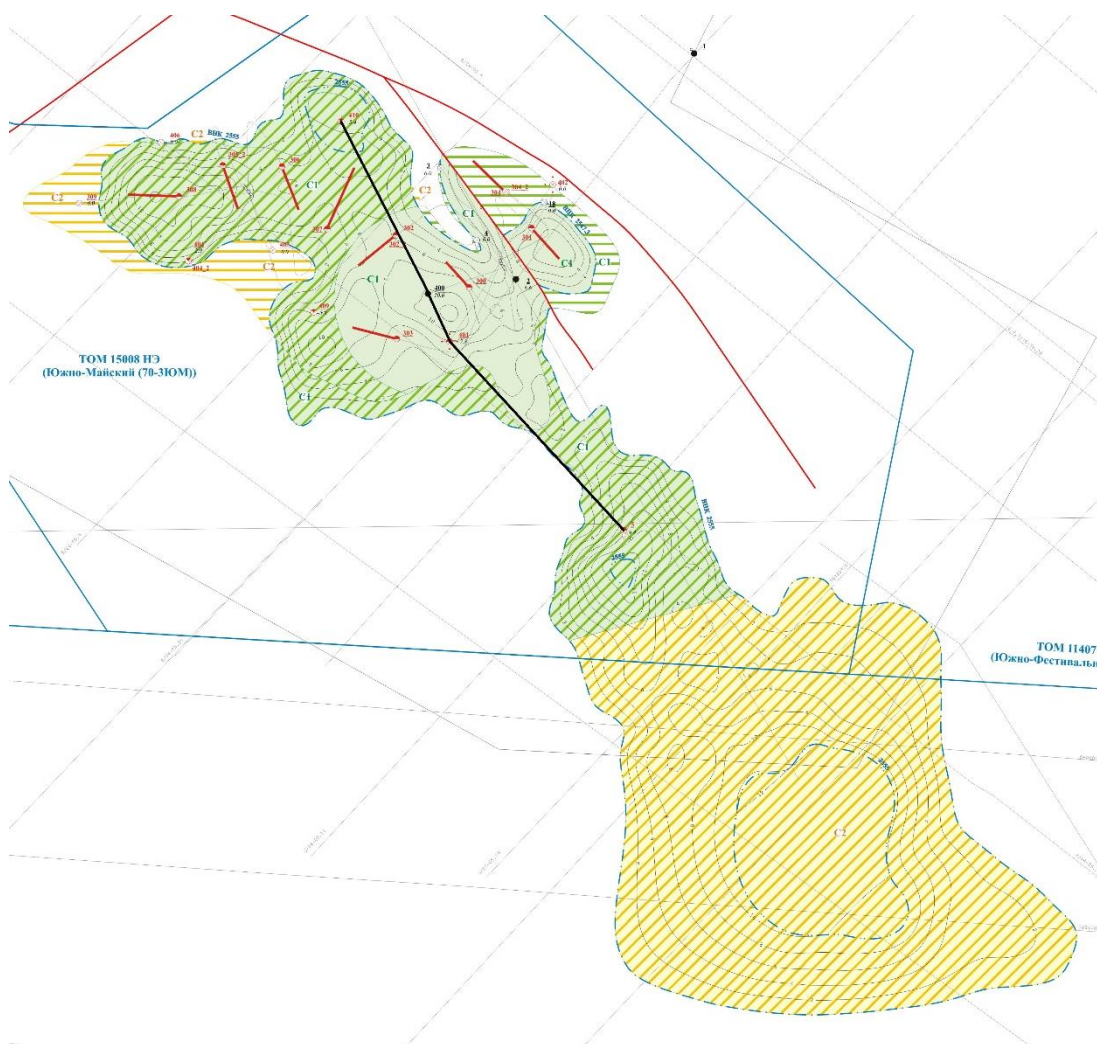


Рисунок 4 – Обзорная карта Южно-Майского месторождения с линией профиля разреза

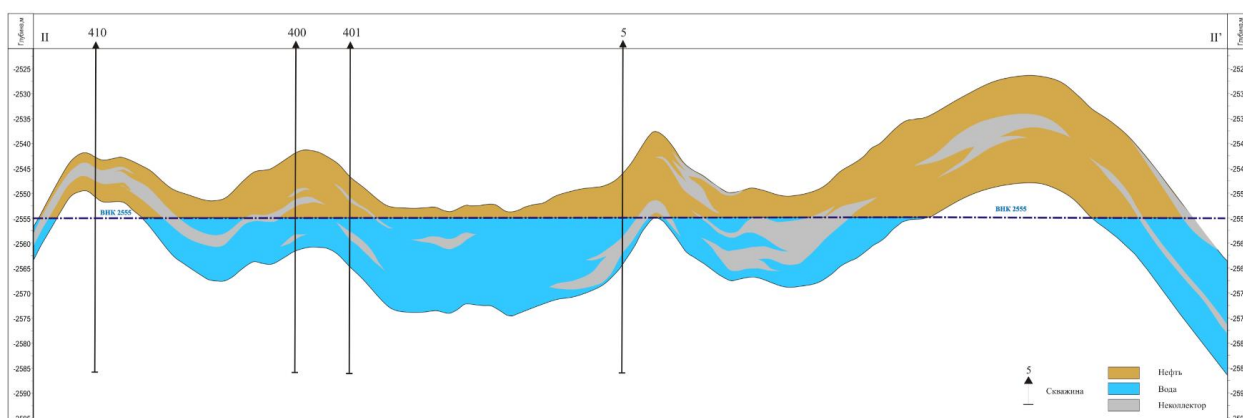


Рисунок 5 – Схематический геологический разрез месторождения по скважинам 410-400-401-5

В пределах месторождения доказана нефтеносность терригенных отложений пешковской (пласт Ю<sub>14-15</sub>) и васюганской (пласт Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup>) свит. На основе данных бурения указанных скважин в 2010 году был выполнен



Оперативный подсчет запасов нефти и растворенного газа пласта Ю13-4, результаты которого были утверждены ГКЗ РФ и приняты на Государственный баланс (Протокол 18/685-пр от 16.11.2010 г.). Размеры выявленной залежи составили 5,6×3,1 км, высота – около 15 м. Эффективная нефтенасыщенная мощность достигает 15,8 м, пористость продуктивных отложений изменяется от 0,128 до 0,167, а нефтенасыщенность – от 0,525 до 0,722. Положение ВНК принято на абсолютной отметке 2555 м, соответствующей подошве нижнего нефтенасыщенного прослоя пласта Ю13-4 в скважине 2, нефтеносность которого доказана результатами испытаний. Залежь пластовая сводовая, тип коллекторов – терригенный.

Также в районе скважин №№ 18,301 и 304 выявлена вторая залежь с уровнем водонефтяного контакта на абсолютной отметке -2547,3 м.

Физико-химические свойства нефти изучались на основе анализа устьевых проб. Результаты анализов проб приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-химические свойства нефти (устье скважины №2)

Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	839,0
Вязкость, мПа*с	
- при 20 °C	7,0
- при 50 °C	3,4
Температура застывания, °C	+0,5
Объемная доля воды, %	Отс.
Массовое содержание, %	
- мех. примесей	следы
- серы	0,39
- парафинов	4,88
- смол силикагелевых	5,96
- асфальтенов	0,98
Содержание, нмоль/г	
VO-порфиринов	6
Ni-порфиринов	Отс
Температура начала кипения, °C	42
Фракционный состав (объемное содержание выкипающих), %	
- до 100 °C	10,0
- до 150 °C	20,5
- до 200 °C	33,0
- до 250 °C	44,0
- до 300 °C	54,0
- до 350 °C	64,0

### **3 Расчетно-технологическая часть**

#### **3.1 Общая характеристика технологического комплекса**

Для корректного подбора деэмульгатора при проведении эксперимента необходимо подробно рассмотреть реальную схему и технологию процесса подготовки нефти на УПН. Установка подготовки нефти «Майская» является пунктом сбора продукции скважин, поступающей с Южно-Майского месторождения.

Установка подготовки нефти предназначена для приема продукции нефтяных скважин, ее предварительного разделения на нефть, попутный нефтяной газ и пластовую воду и последующей подготовки нефти до товарного качества.

Мощность УПН «Майское» составляет  $Q_n = 1000$  тыс.т/год или 2700т/сут. В состав установки входят:

- площадка подогревателей (ПП-0.63-1 шт., ПП-1,6 -2шт);
- площадка сепарации (УПОГ, НГСВ-100 (С-1), НГСВ-50 (КС), НГС-25 (ГС));
- резервуарный парк (РВС – 2000 3шт.);
- насосная внутренней перекачки нефти (ЦНС 60/99- 2шт);
- насосная внешней перекачки нефти (MSMA 65/460 2шт., MSMA 125/400 2шт.);
- система измерения качества нефти (СИКН);
- факелы высокого и низкого давления ФВД и ФНД;
- операторная УПН;
- химико-аналитическая лаборатория;
- котельная установка (1,6МВт);
- блок дозирования реагентов БДР;
- холодный склад химических реагентов [6].

Принципиальная схема УПН Майского месторождения ООО «Норд Империял» приведена на рисунке 6.

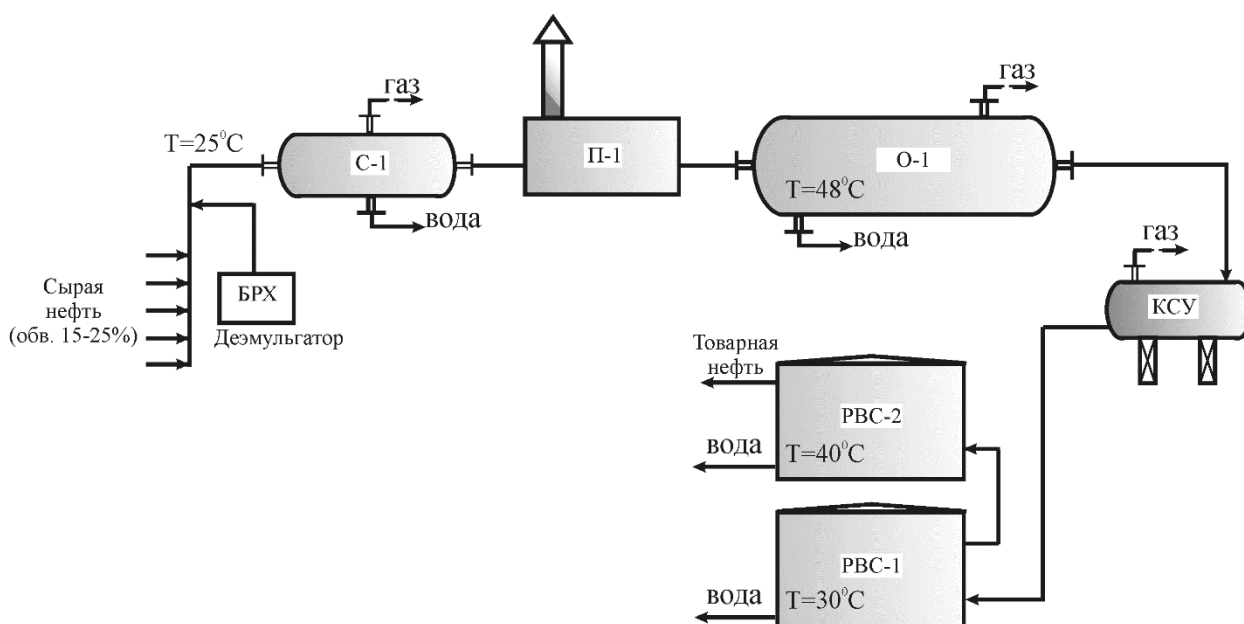


Рисунок 6 – Принципиальная технологическая схема УПН Майского месторождения ООО «Норд Империял»

Сырая нефть с обводнённостью 15-25 % поступает с кустов на блок гребёнки при температуре 22-26°C. После дозирования деэмульгатора (в среднем 50 г/тн) эмульсия проходит через сепаратор С-1, где происходит предварительный сброс воды и газа. Далее, эмульсия подогревается в печи до 45-50 °C, проходит в отстойник О-1. После сброса воды в отстойнике нефть через КСУ проходит последовательно резервуары РВС-1, РВС-2 и откачивается на узел учёта нефти СИКН.

### 3.2 Характеристика сырья, реагентов и готовой продукции нефти

Для качественного проведения лабораторных испытаний необходимо знать характеристики реагентов и требования, предъявляемые к ним и к результатам исследования. В таблице 2 приведены характеристики реагентов и продуктов процесса, а также нормативные документы и стандарты, которым они должны соответствовать.

Таблица 2 - Характеристика сырья, реагентов и готовой продукции нефти

№	Наименование сырья, материалов, реагентов изготавливаемой продукции	Номер государственного или отраслевого стандарта, технических условий, стандарта компании	Показатели качества, обязательные для проверки	Норма по ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ	Область применения изготавливаемой продукции
1	Обезвоженная нефть на выходе с установки	-	Температура нефти  Массовая доля воды  Массовая концентрация хлористых солей  Массовая доля механических примесей  Давление насыщенных паров  Массовая доля органических хлоридов во фракции, выкипающей до 2040С	не более 30 °С  не более 0,5 %  не более 900 мг/дм <sup>3</sup>  не более 0,05 %  не более 66,7(500) кПа (мм рт. ст.)  не более 10 млн.-1(ppm)	Перекачка через СИКН в ПСП «Лугинецкое»
2	Вода подтоварная на выходе с установки	«МВИ №02 – 24/Х1 – МИ – 6-2011» «МВИ №02 – 24/Х1 – МИ – 7-2012»	Механические примеси Массовая концентрация нефти	50 мг/дм <sup>3</sup>  50 мг/дм <sup>3</sup>	через БКНС-22 закачивается в систему ППД
3	Метиловый спирт (метанол)	ГОСТ 2222-95	Плотность при 20°С	0,791-0,792 г/см <sup>3</sup>	Растворение гидратных пробок в газопроводе
4	Дезэмульгатор Пральт-11 м. А1-120А	-	Внешний вид  Массовая доля активной основы Температура застывания, не выше Вязкость кинематическая, не более	Однородная жидкость от светло-желтого до коричневого цвета 42% -40°С 60мм <sup>2</sup> /с	Применяется для термохимического разделения вода-нефть

Учитывая то, что нефть, пластовые воды и сами композиции деэмульгаторов являются многокомпонентными системами очень сложно, а часто просто невозможно разработать универсальные теоретические критерии подбора состава деэмульгатора для конкретных условий применения. В связи с этим, самым распространенным методом подбора деэмульгатора является проведение многофакторного эксперимента по моделированию процесса деэмульсации в лабораторных условиях при варьировании соотношения компонентов в составе деэмульгатора. При этом необходимо максимально приблизить условия проведения эксперимента к промышленным условиям подготовки нефти, а именно, учесть температурно-временной режим.

В последнее время на Южно-Майском месторождении был проведен ряд лабораторных исследований деэмульгаторов, таких как «Baker Petrolite DMO – 86416», «SEPAROL», «KEMELIX-3417MM» и «Пральт-11 м. А», с целью подбора экономически обоснованного и наиболее эффективного для данного месторождения деэмульгатора. Исследования проводились согласно “Методике проведения испытаний деэмульгаторов на нефтяных эмульсиях” при равных технологических параметрах, благодаря чему возможно проведение сравнительного анализа результатов испытаний.

### **3.3 Методика лабораторных испытаний деэмульгаторов**

Для повышения эффективности использования химических реагентов и снижения себестоимости нефти необходимо придерживаться определенной технологии проведения лабораторных, стендовых и опытно-промышленных испытаний. Компании чаще всего разрабатывают Стандарты Компании для внутреннего использования, так как каждое месторождение имеет уникальный состав нефти, имеет свои экономические условия и т.д., но все они в основном базируются на ASTM D 4007-08 «Стандартный метод определения содержания воды и осадка в сырой нефти методом центрифугирования», который в профессиональных кругах называют просто «bottle test» [7].

Окончательная оценка деэмульгирующей активности отобранных (составленных) деэмульгирующих композиций в лабораторных условиях

осуществляется методом моделирования процесса обезвоживания в деэмульсере – специальном аппарате, снабженном перемешивающим устройством и термостатирующей рубашкой. Данный метод позволяет с высокой степенью надежности определить удельные расходы химического реагента, рекомендуемого для опытно-промышленных испытаний, и определить индексы активности испытуемых деэмульгаторов.

Метод предназначен для разработки деэмульгирующих композиций, сравнения эффективности действия деэмульгаторов (и/или их композиций) при разрушении ими как естественных водонефтяных эмульсий, образующихся при добыче нефти, так и искусственных водонефтяных эмульсий, изготавливаемых в специальных лабораторных аппаратах.

С помощью данного метода можно произвести оценку:

- скорости отделения воды от эмульсии в свободную фазу (скорость разрушения эмульсии);
- качества границы раздела фаз (наличие промежуточного слоя, состоящего из неразрушенной эмульсии и его толщины);
- остаточного содержания воды в отстоявшейся нефти.

Метод не предназначен для определения технологических расходных норм деэмульгаторов при применении их в определенном технологическом процессе. Нормы устанавливаются по результатам опытно-промышленных испытаний деэмульгаторов для каждого конкретного технологического объекта.

Образец эмульсии, используемый в лабораторных испытаниях, должен быть представительным, т.е. его свойства должны быть характерными по крайней мере для 50% всего сырья, добываемого на объекте. Отбор пробы эмульсии из трубопровода осуществляется согласно ГОСТ 2517-2012 [8].

Для достоверного лабораторного исследования образец эмульсии должен быть свежим, т.е. должен быть отобран не более чем за 2 часа до начала испытаний. Это необходимо для того, чтобы отобранный образец не подвергся процессу старения и соответствовал естественной эмульсии, поступающей в

скважину. В случае, если эмульсия расслоена, взбить на мешалке при 1500 об/мин в течении 3-5 минут. Оставить отстаиваться 20 минут, и, если расслоения не произошло, повторить процедуру, а затем разлить в отстойники по отдельности с учётом реальной обводнённости.

Эмульсия разливается по модельным отстойникам, взятым по числу испытываемых реагентов или дозировок одного реагента с добавлением одного отстойника с холостой пробой эмульсии. Далее устанавливают водяную баню на начальную температуру деэмульсации.

Микрошприцом МШ-10 производится дозирование реагента. При этом объем реагента рассчитывается по формуле:

$$D = 0.001 * V * (1 - \alpha) * d \quad (2)$$

где D – объем реагента, дозируемого в модельные отстойники, мкл;

V – объем модельного отстойника, мл;

$\alpha$  – обводненность нефтяной эмульсии, выраженная в долях от единицы;

d – испытываемая промысловая дозировка реагента, г/тн.

0,001 – коэффициент, согласующий разные единицы измерения.

После добавления деэмульгатора к эмульсии все отстойники встряхиваются (10–20 раз) и устанавливаются в водяную баню. Если вязкость эмульсии не позволяет провести распределение реагента в объеме эмульсии, то в отстойник опускается металлический шарик и производится двадцатикратное переворачивание отстойника.

После того, как во всех отстойниках реагент распределен, они помещаются в водяную баню и запускается секундомер. Через заданные промежутки времени результаты фиксируются и заносятся в таблицу.

Из отстойников, в которых зафиксированы наилучшие результаты (отслоение воды на 98 – 100 %) отбираются пробы нефти с верхнего слоя для определения остаточной воды методом Дина-Старка.

После отбора проб производится легкое встряхивание модельных отстойников и фиксируется скорость восстановления предыдущего уровня воды во времени. В протоколе испытаний делается соответствующая отметка.

### 3.4 Лабораторные испытания деэмульгаторов

Основной задачей лабораторных исследований является подбор реагентов-деэмульгаторов, применение которых обеспечило бы высокое качество нефти при существующей технологической схеме.

В ходе работ был протестирован спектр деэмульгаторов, проведен их сравнительный анализ и выделен наиболее экономически эффективный.

Испытания выполнялись на оборудовании Baker Petrolite в химико-аналитической лаборатории на месторождении «Южно-Майское» ООО«Imperial Energy». Процедура испытаний соответствовала внутреннему стандарту Baker Petrolite. Для оценки эффективности обработки нефти химическим реагентом использовался «Бутылочный тест» (рис.7).



Рисунок 7 – Фрагмент «bottle test». Образцы нефти, обработанные различными деэмульгаторами; первый образец слева – необработанная эмульсия.

На первом этапе задачей исследований являлся выбор наиболее подходящей марки деэмульгатора. Для этого было протестировано 3 различных деэмульгатора, и проведен их сравнительный анализ.

Нефтяную эмульсию перемешали и взвесили 3 пробы по 500 г. Каждую пробу поместили в термостатируемый цилиндр. В первый цилиндр с пробой добавляли деэмульгатор Baker Petrolite DMO – 86416, во второй цилиндр –



деэмульгатор SEPAROL, в третий цилиндр – деэмульгатор KEMELIX-3417MM.

При температуре  $T = 55^{\circ}\text{C}$  и дозировке 250 г/т получены следующие результаты:

Таблица 3 – Результаты сравнительного анализа

	Количество выпавшей воды, % масс.		
	10 мин	30 мин	60 мин
Baker Petrolite DMO – 86416	54,2	63	69,8
SEPAROL	31,8	35,6	40,6
KEMELIX-3417MM	-	26,0	40,6

Как видно из таблицы 2 наиболее подходящим для исследуемой эмульсии оказался деэмульгатор Baker Petrolite DMO – 86416, так как он обеспечил наибольшую по сравнению с другими деэмульгаторами степень отделения воды при прочих равных условиях.

Следующим шагом является выбор наиболее эффективной модификации выбранной серии деэмульгатора. Для этого с помощью «бутылочного теста» сравнивались 4 модификации деэмульгатора компании Baker Petrolite (рис.8).



Рисунок 8 - Подбор оптимальной модификации деэмульгатора компании «Бейкер Петролайт».

На рисунке представлены пробирки слева направо: холостой ход (без добавления деэмульгатора), ДМО-86416, ДМО-86338, ДМО-86436, ДМО-86334, ДМО-86478, WF-41. Результаты их испытаний приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение наиболее эффективной модификации

Реагент	Расход реагента, г/тн	Степень обезвоживания эмульсии, в %, за время, в мин.									Остаточная вода, %
		Т= 40°С									
		5	10	20	30	60	90	12 0			
ДМО-86416	50	35	50	50	60	60					1
ДМО-86334	50	25	40	50	60	70					1
<b>ДМО-86338</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>					<b>0,4</b>
<b>ДМО-86478</b>	<b>50</b>	<b>35</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>80</b>					<b>0,4</b>
холостой	-	0	0	0	0	0					

Проведенные лабораторные испытания позволили определить наиболее эффективные в текущих условиях продукты Baker Petrolite – ДМО-86334, ДМО-86338, ДМО-86478.

Данные продукты обеспечили наибольшую скорость и глубину разделения эмульсии и были рекомендованы к опытно-промышленным испытаниям. Однако к промышленному применению исходя из экономических соображений был выбран деэмульгатор ДМО-86416, который также в достаточной степени обеспечивает разрушение водонефтяной эмульсии.

На следующем этапе определялась эффективность деэмульгатора «Пральт-11», при подготовке нефти на УПН, в сравнении с базовым деэмульгатором компании Baker Petrolite, а также приводилось экономическое обоснование целесообразности промышленного применения деэмульгатора «Пральт-11» с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В ходе испытаний был проведен сопоставительный анализ эффективности ряда композиций деэмульгаторов марки Пральт-11 марка А при варьировании соотношения компонентов. Испытания проводились в три этапа:

1) проведение эксперимента по выбору наиболее эффективной для условий данного месторождения марки деэмульгаторов из серии Пральт-11 м. А;

2) проведение сравнительного испытания в лабораторных условиях наиболее эффективной композиции (по п.1) и применяемого в настоящее время реагента;

3) оценка влияния применяемых на скважинах ингибиторов парафиноотложений и солеотложений на процесс деэмульсации.

На первом этапе было проанализировано действие целого ряда композиций деэмульгаторов с различным соотношением компонентов активной основы для выбора наиболее оптимальной. Нефтяная эмульсия на входе УПН имеет обводненность 14%, дозировка реагента 20 г/тн, температура проведения эксперимента находится в интервале 25-45°С. Выборочные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Выбор наиболее эффективной модификации серии Пральт-11 м.А1

№	Реагент	Дозировка, г/т	Количество отделившейся воды, %					Качественное состояние межфазной границы
			15 мин	30 мин	45 мин	1 час	3 часа	
1	Пральт-11 м. А1-410	20	32	45	56	75	83	граница размытая, промслои 3 мл
2	Пральт-11 м. А1-120	20	69	77	85	92	95	граница чёткая, промслои 2 мл
3	<b>Пральт-11 м. А1-120А</b>	<b>20</b>	<b>53</b>	<b>67</b>	<b>86</b>	<b>89</b>	<b>98</b>	граница чёткая, промслои 1,5 мл
4	<b>Пральт-11 м. А1-120Д</b>	<b>20</b>	<b>52</b>	<b>70</b>	<b>84</b>	<b>89</b>	<b>97</b>	граница чёткая, промслои 2 мл
5	Пральт-11 м. А1-140А	20	66	79	86	93	94	граница чёткая, промслои 4 мл
6	Пральт-11 м. А2-320	20	18	25	38	50	58	граница размытая, промслои 5 мл

Продолжение таблицы 5

7	Пральт-11 м. А2-460Р	20	5	16	23	29	60	граница размытая, промслоя 6 мл
8	Пральт-11 м. А2-820Р	20	31	39	51	56	63	граница размытая, промслоя 4 мл
9	Пральт-11 м. А3-640	20	43	60	67	71	89	граница чёткая, промслоя 3 мл
<b>10</b>	<b>Пральт-11 м. А3-460</b>	<b>20</b>	<b>67</b>	<b>73</b>	<b>81</b>	<b>92</b>	<b>97</b>	граница чёткая, промслоя 4 мл
11	Пральт-11 м. А3-370	20	60	64	72	73	84	граница чёткая, промслоя 2 мл

Анализ результатов данной серии экспериментов показал, что деэмульгаторы серии Пральт-11 м. А2 не подходят для нефти Майского месторождения – процесс деэмульсации за 3 часа не проходит полностью. При этом образуется нечёткая граница раздела фаз с наличием большого промежуточного слоя. Деэмульгаторы серии Пральт-11 м. А3 по скорости разделения фаз (воды и нефти) отличаются от серии А2 в лучшую сторону, но также имеют значительный промежуточный слой на границе раздела вода-нефть.

Деэмульгаторы серии Пральт-11 м. А1 выгодно отличаются от двух предыдущих серий как относительно высокой скоростью деэмульсации, так и минимальной высотой промежуточного слоя.

Отличия деэмульгаторов по склонности к образованию промежуточного слоя на границе раздела фаз наглядно проиллюстрировано на рисунке 9.

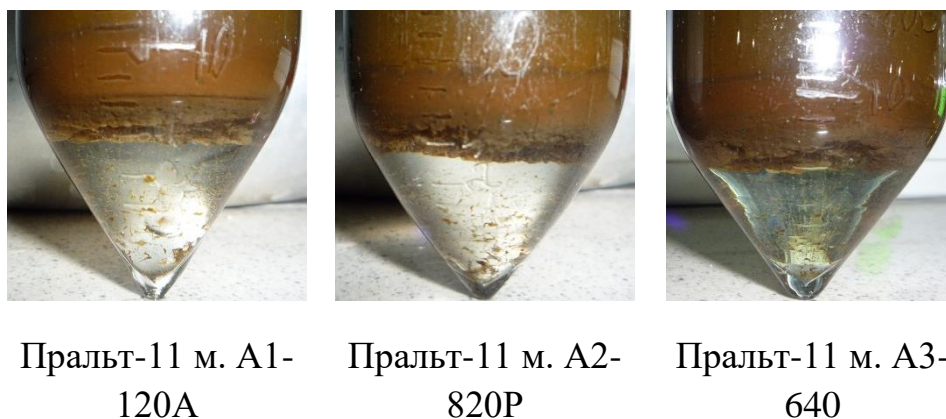


Рисунок 9 – Образование промежуточного слоя в процессе деэмульсации.

Следует отметить, что накопление промежуточного слоя, зафиксированного в эксперименте, совершенно не означает, что он образуется в реальном процессе деэмульсации в отстойниках и РВС. Дело в том, что отбор эмульсии из нефтесборного коллектора происходит под очень большим давлением. При этом частицы воды в нефти, проходя с большой скоростью через пробоотборник, дробятся до такой степени, что эмульсия приобретает высокую агрегативную устойчивость. Деление фаз в такой эмульсии всегда сопровождается наличием промежуточного слоя. Таким образом, можно считать, что процесс деэмульсации, моделируемый в лабораторных условиях, проходит в осложнённых условиях – разгазирование нефти, дополнительная стабилизация частиц дисперсной фазы, структурирование межфазной границы в статических условиях.

Однако, наличие или отсутствие данного слоя на границе вода-нефть при лабораторном моделировании процесса деэмульсации является одним из важных показателей при оценке эффективности деэмульгатора.

По результатам предыдущего этапа исследования наиболее оптимальным деэмульгатором является Пральт-11 м. А1-120А. Он и был выбран для сравнительного испытания. В качестве реагента сравнения использовался применяемый в настоящее время деэмульгатор DMO 86416 (табл.6).

Таблица 6 – Сравнительный анализ Пральт-11 м. А1-120А и DMO 86416

№	Реагент	Дозировка, г/т	Количество отделившейся воды, %					Качественное состояние межфазной границы
			15 мин	30 мин	45 мин	1 час	3 часа	
1	Пральт-11 м. А1-120А	20	45	56	69	89	97	граница чёткая, промслои 1 мл
2	DMO 86416	20	34	48	65	91	98	граница чёткая, промслои 3 мл

Видно, что скорость отделения воды у обоих реагентов практически одинаковая за некоторым преимуществом Пральт-11 м. А1-120А в начале

процесса. Стоит отметить образование большего по величине промежуточного слоя в случае DMO 86416 (рис.10).



Рисунок 10 – Образование промежуточного слоя в процессе деэмульсации при использовании DMO 86416 (слева) и Пральт-11 м. А1-120А (справа) ( $t_{\text{деэм}}=30$  мин).

Образцы были дополнительно протестированы на количество остаточной воды в верхнем (нефтяном) слое. Определение остаточной воды проводилось методом Дина-Старка по ГОСТ 2477-65 [9]. Отбор проб нефти проводился дважды – после выдержки эмульсий при 45°C в течение 3 часов последующей выдержки при температуре 30°C в течение 12 часов (для моделирования процесса отстоя эмульсии в РВС). Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Определение остаточной воды

Образец	Объём образца нефти, мл	Количество остаточной воды			
		3 часа		15 часов	
		мл	%	мл	%
1. Пральт-11 м. А1-120А	80	0,045	0,067	0	0
2. DMO 86416	80	0,045	0,067	0	0

Видно, что по содержанию остаточной воды в нефти оба деэмульгатора продемонстрировали абсолютно идентичные результаты.

Важным этапом лабораторных испытаний также является оценка взаимодействия деэмульгатора с ингибиторами парафино- и солеотложений, так как есть вероятность их негативного влияния друг на друга, и, как следствие, недостаточной степени подготовки нефти.

В настоящее время на скважинах Южно-Майского месторождения применяются ингибиторы парафиноотложений серии Пральт-11 м. В-3 и Пральт-31 м. В-1. Выбор дозировки ингибиторов проводился на основании анализа данных по суточному расходу нефти и пластовой воды на УПН, а также по среднесуточному расходу реагентов на скважинах.

В ходе данного этапа исследования расчётное количество смеси ингибиторов парафиноотложений (26 г/тн) и солеотложений (78 г/тн) марки Пральт дозировалось в нефтяную эмульсию. Система перемешивалась и отстаивалась в течение 30 минут для установления равновесия. Затем в ячейки дозировался деэмульгатор и, далее, проводился процесс деэмульсации в обычном режиме.

Результаты эксперимента представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Оценка влияния ингибиторов парафиноотложений и солеотложений марки Пральт на процесс деэмульсации

№	Реагент	Количество отделившейся воды, %					Качественное состояние межфазной границы
		15 мин	30 мин	45 мин	1 час	3 часа	
1	Деэмульгатор Пральт-11 м. А1-120А	40	78	83	95	99	граница чёткая, промслои 2 мл
2	Деэмульгатор Пральт-11 м. А1-120А + смесь ингибиторов марки Пральт	43	81	86	94	99	граница чёткая, промслои 1 мл
3	Деэмульгатор DMO 86416	35	73	81	94	99	граница чёткая, промслои 4 мл
4	Деэмульгатор DMO 86416 + смесь ингибиторов марки Пральт	37	73	88	95	99	граница чёткая, промслои 4 мл

Анализируя таблицу можно сказать, что дозирование ингибиторов марки Пральт в нефтяную эмульсию совместно с деэмульгаторами не оказывает негативного влияния на процесс деэмульсации.

### **3.5 Анализ результатов лабораторных исследований**

Сравнительный анализ экспериментальных данных показал, что из всех протестированных образцов наиболее эффективными оказались деэмульгаторы серии Пральт-11 м. А1. При их использовании достигается оптимальная скорость разделения эмульсии при удовлетворительном качестве границы раздела фаз.

Наиболее эффективной маркой среди деэмульгаторов серии Пральт-11 м. А по отношению к нефтяной эмульсии Южно-Майского месторождения оказался Пральт-11 м. А1-120А, который не уступает по параметрам подготовки нефти уже используемому DMO 86416.

Также в ходе исследования не выявлено негативное влияние ингибиторов парафиноотложений и солеотложений на процесс подготовки нефти при использовании выбранного деэмульгатора, что говорит о возможности их совместного использования на месторождении.

Таким образом, деэмульгатор Пральт-11 м. А1-120А рекомендуется для опытно-промышленных испытаний на УПН Южно-Майского месторождения ООО «Норд Империял».



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Д	Пастаевой Алине Кирилловне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Информация, представленная в российских и иностранных научных изданиях, научных публикациях и статьях, научно-исследовательских и аналитических работах, нормативно-правовых документах, учебно-методических материалах
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта. Определение целей и ожиданий, требований проекта.
2. Планирование и формирование бюджета проводимых исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>03.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Д	Пастаева Алина Кирилловна		

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В мире добывается несколько десятков сортов нефти. Россия поставляет на мировой рынок 7 сортов нефти: Urals, Siberian Light, Arctic Oil (ARCO), Sokol, ESPO, Vityaz и Sakhalin Blend. Еще больше сортов нефти добывается и используется в США. Очевидно, что все существующие сорта нефти не могут торговаться на биржах. В настоящее время биржевые котировки устанавливаются лишь для немногочисленных так называемых маркерных сортов нефти - Brent (Европа), WTI (США), Middle East Crude (Ближний Восток). Цены других сортов определяются при помощи дифференциала - скидки или надбавки, обусловленной отличиями в качестве. Например, российская нефть сорта Urals продается со скидкой по отношению к сорту Brent, что обусловлено большей плотностью и более высоким содержанием серы.

Российская нефть каждый год доставляется в десятки стран мира – от государств Западной Европы до Японии и США. Правда, в большинстве случаев доставка до конечных потребителей – не забота самих компаний. Дело в том, что, когда речь заходит об экспорте нефти в дальнее зарубежье, они предпочитают работать с трейдерами, которые выкупают у них топливо и сами реализуют его на рынке. Это снижает доходность бизнеса, но страхует российские компании от внештатных ситуаций. Например, если где-то в Европе закрылся нефтеперерабатывающий завод, пользовавшийся российской нефтью, то это становится головной болью трейдера, а не производителя.

Каждый год Россия добывает около 550 миллионов тонн нефти, из которых чуть меньше половины идет на экспорт без переработки. В отличие от газовой отрасли, где есть один монополист и один способ доставки топлива,

в нефтяной отрасли все сложнее, причем участники рынка постепенно меняются, а конкуренция между трейдерами нарастает. [10]

Нефть Южно-Майского месторождения относится к марке «Urals». Ее целевой рынок – страны Европы и Азии.

Сегментация рынка добычи нефти в России по нефтедобывающим предприятиям и их основные показатели представлены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9 – Условная классификация предприятий по объемам добычи

Размер предприятия	Добыча нефти, млн. т/год
Крупное	80
Среднее	30
Малое	5

Таблица 10 – Основные показатели деятельности предприятий за 2019 г.

Предприятие	Годовая добыча нефти и конденсата		Капитал	Размер предприятия
	млн. тонн	%	млрд. руб	
Роснефть	195,1	34,83	4517	Крупное
Лукойл	82,2	14,67	3490	Крупное
Сургутнефтегаз	60,8	10,85	156	Среднее
Газпром нефть	39,2	7	1653	Среднее
Татнефть	29,8	5,32	708	Среднее
Башнефть	18,7	3,33	264	Малое
Imperial Energy	0,23	0,04	10,2	Малое

Анализируя таблицы, можно условно отнести компанию «Imperial Energy Corporation» к малым предприятиям.

Для роста экономических показателей компании можно расширить сферу ее деятельности, например, развитие отрасли нефтепереработки открыла бы новые перспективы предприятию.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести сравнительный анализ технического решения и выявить критерии, по которым оно уступает конкурентным.

Данный анализ помогает оценить недостатки решения и учесть их для его совершенствования. В таблице 3 приведена оценочная карта деэмульгаторов Baker Petrolite DMO – 86416, SEPAROL и Пральт-11, рассмотренных в работе.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение качества товарной нефти	0,15	5	4	4	0,75	0,60	0,60
2. Соответствие деэмульгатора заявленным критериям производителя	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
3. Оценка количества отделившейся воды при 40°C	0,10	4	5	3	0,40	0,50	0,30
4. Динамика сброса воды	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
5. Остаточное содержание нефтепродуктов в сбрасываемой воде	0,10	5	5	4	0,50	0,50	0,40
6. Толщина эмульсионного слоя в отстойнике (в резервуаре)	0,10	5	4	3	0,50	0,40	0,30
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	5	4	0,30	0,30	0,24
2. Удешевление процесса подготовки нефти и воды	0,06	5	3	3	0,30	0,18	0,18
3. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	5	5	0,30	0,30	0,30
5. Финансирование научной разработки	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
6. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	3	0,20	0,16	0,12
7. Наличие сертификации разработки	0,04	5	5	5	0,20	0,20	0,20
Итого	1	63	57	49	4,84	4,33	3,74

Согласно оценочной карте можно отметить, что К1, деэмульгатор Baker Petrolite DMO – 86416 производства «Baker Hughes», по многим показателям превосходит конкурента К2, но в то же время по шести пунктам уступает фактическому решению Ф;

К2 – деэмульгатор SEPAROL фирмы «BASF» во многом уступает К1,

но более привлекателен по цене. Не рекомендуется использовать в качестве базового деэмульгатора, так как имеются более эффективные варианты, но отлично подойдет в качестве дополнительного в перспективе использования свойства синергии.

Ф – деэмульгатор Пральт-11, марки А1-120А, производства ООО «Мираж» набирает наибольшее количество баллов, хотя и уступает по одному показателю К1: количество отделившейся воды при введении деэмульгатора Пральт-11 меньше, чем при введении Baker Petrolite DMO – 86416. По остальным показателям наблюдается преимущество, поэтому, с точки зрения конкурентоспособности, данное решение является наиболее оптимальным.

#### 4.1.3 SWOT – анализ

SWOT – анализ (Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы)) помогает оценить проект со всех сторон и дает представление о перспективах и рисках его осуществления. SWOT – анализ применения деэмульгатора Пральт-11 для разрушения водонефтяной эмульсии Южно-Майского месторождения представлен в таблице 12.

Таблица 12 – SWOT–анализ

	<p>Сильные стороны</p> <p>С1. Наличие собственного производства. Возможность проведения ОПО;</p> <p>С2. Заявленная ресурсоэффективность и ресурсосбережение новой разработки;</p> <p>С3. Наличие собственной аккредитованной лаборатории для проведения исследований, оборудованного на высоком уровне;</p> <p>С4. Наличие современного оборудования для проведения исследований и внедрения;</p> <p>С5. Квалифицированные кадры.</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>Сл1. Наличие опасности загрязнения окружающей среды;</p> <p>Сл2. Отсутствие современных методов продвижения на рынке;</p> <p>Сл3. Риски повышения износа или выхода из строя оборудования и приборов.</p>
--	---	--

## Продолжение таблицы 12

<p>Возможности</p> <p>В1. Использование аккредитованной лаборатории;</p> <p>В2. Возможность появления дополнительного спроса на разработку;</p> <p>В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях;</p> <p>В4. Повышение стоимости проводимых исследований;</p> <p>В5. Проведение совместных испытаний с производителями деэмульгаторов.</p>	<p>Проведение лабораторного исследования на предмет изменения удельного расхода реагентов деэмульгаторов с учетом качества полученной при этом нефти и изменения остаточного содержания нефтепродуктов в сбрасываемой воде согласно технологическому регламенту, государственным стандартам.</p>	<p>1. Необходимость опытно-промышленных испытаний, для реальной оценки эффективности реагентов;</p> <p>2. Небольшой участок внедрения, учитывая уникальный состав нефти на каждом месторождении;</p> <p>3. Отсутствие финансовой поддержки и недостаточность свободного лабораторного фонда на предприятии;</p> <p>4. Уход с рынка поставщиков требуемых реагентов.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1 Появление у конкурентов более эффективных деэмульгаторов;</p> <p>У2. Отсутствие спроса на создаваемые в рамках проекта реагенты;</p> <p>У3. Введение дополнительных, более жестких государственных требований к сертификации деэмульгаторов.</p>	<p>1. Продвижение идеи разработки и внедрения новых деэмульгаторов с учетом снижения себестоимости подготовленной нефти и повышения показателей ее качества с целью создания спроса на разработку;</p> <p>2. Повышение конкурентных преимуществ разрабатываемых реагентов.</p>	<p>1. Неблагоприятная обстановка на валютном рынке</p> <p>2. Сокращение или прекращение поставок требуемых реагентов.</p> <p>3. Необходимость сертификации и стандартизации разрабатываемых реагентов</p>

SWOT – анализ позволил выявить сильные и слабые стороны проекта. Также были выявлены их соответствия внешним условиям, а именно возможностям и угрозам. Полученные соответствия позволили выявить меру необходимости изменения стратегии и определить направления реализации проекта.

### 4.2 Планирование исследовательских работ в рамках ВКР

#### 4.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования

Для эффективного проведения исследовательской работы проводится ее планирование. В рамках планирования определяются исполнители работ – студент и научный руководитель. Руководителем определяются цели и задачи

работы, предъявляются требования к качеству исполнения проекта и достоверности результатов исследования, к тому же руководитель осуществляет контроль за деятельностью студента с целью предотвращения ошибок. Для наглядности строится график проведения исследований. Построение графика требует предварительного определения этапов исследования, приведенных в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Выбор направления исследований	Руководитель, Бакалавр
Разработка технического задания	2	Составление технического задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Изучение литературы, нормативных документов, составление литературного обзора	Бакалавр
	4	Изучение методики проведения экспериментов	Бакалавр
	5	Знакомство с оборудованием для проведения экспериментов	Руководитель, Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Обработка результатов, оформление таблиц данных, графиков	Бакалавр
	8	Обсуждение полученных результатов	Руководитель, Бакалавр
Оформление отчета по ВКР (комплекта документации по ВКР)	9	Оформление выводов	Бакалавр
	10	Оформление пояснительной записки	Бакалавр

#### 4.2.2 Определение трудоемкости работ

Трудоемкость определяется с помощью вероятностного подхода и рассчитывается в человеко-днях по формуле 3:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5} \quad (3)$$

$$t_{ож\ i} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн.}$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного

стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения  $i$ - ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

С помощью рассчитанного значения трудоемкости работ можно определить продолжительность каждой из них по формуле 4:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.} \quad (4)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения исследования

Для наглядного представления этапов исследования удобно построить диаграмму Ганта, представляющую собой горизонтальный график с протяженными отрезками, указывающими на длительность выполнения работ, которую можно рассчитать по формуле 5:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}} = 1,4 * 1,22 \approx 2 \text{ календ. дн.} \quad (5)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения одной работы, календ.дн.;

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$k$  – коэффициент календарности, для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле 6:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22 \quad (6)$$

где  $T_{\text{кг}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вд}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пд}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлили до целого числа и занесли в таблицу 14 (Приложение 1).

В таблице 15 представлен календарный план-график проведения



исследования, а в таблице 16 – его исполнители.

Таблица 14 – Календарный план-график проведения работ в рамках ВКР

Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
			февр.		март			апр.			май			июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	1		<div></div>													
Составление технического задания	Руководитель	1		<div></div>													
Изучение литературы, нормативных документов, составление литературного обзора	Бакалавр	22															
Изучение методики проведения экспериментов	Бакалавр	7															
Знакомство с оборудованием для проведения экспериментов	Бакалавр	5															
Проведение экспериментов	Бакалавр	25															
Обработка результатов, оформление таблиц данных, графиков	Бакалавр	14															
Обсуждение полученных результатов	Руководитель, бакалавр	7															
Оформление выводов	Бакалавр	11															
Оформление пояснительной записки	Бакалавр	23															



- руководитель



- бакалавр

Таблица 15 – Календарный план проекта

Название	Длительность рабочих дней	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Выбор направления исследований	1	29.02	29.02	Карпова Евгения Геннадьевна Пастаева Алина Кирилловна
Составление технического задания	1	2.03	2.03	Карпова Евгения Геннадьевна
Изучение литературы, нормативных документов, составление литературного обзора	22	4.03	28.03	Пастаева Алина Кирилловна
Изучение методики проведения экспериментов	7	30.03	6.04	Пастаева Алина Кирилловна
Знакомство с оборудованием для проведения экспериментов	5	6.04	10.04	Пастаева Алина Кирилловна
Проведение экспериментов	25	11.04	9.05	Пастаева Алина Кирилловна
Обработка результатов, оформление таблиц данных, графиков	14	5.05	20.05	Пастаева Алина Кирилловна
Обсуждение полученных результатов	7	8.05	15.05	Карпова Евгения Геннадьевна Пастаева Алина Кирилловна
Оформление выводов	11	12.05	23.05	Пастаева Алина Кирилловна
Оформление пояснительной записки	23	25.05	19.06	Пастаева Алина Кирилловна

#### 4.2.4 Бюджет проводимого исследования

Для составления бюджета проводимого исследования нужно верно отобразить все расходы, связанные с его выполнением. Они включают:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;

- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

#### 4.2.4.1 Расчет материальных затрат

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Деэмульгатор Пральт – 11 м. А1-120А	мл	2	4	3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30	0,23
Деэмульгатор DMO 86416	мл	2	4	3	0,23	0,23	0,23	0,23	0,46	0,35
Деэмульгатор SEPAROL	мл	2	4	3	0,13	0,13	0,13	0,13	0,26	0,20
Нефтяная эмульсия, поступающая с месторождения (обводненность 80%)	л	10	10	10	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40
Толуол ГОСТ 5789-78	мл	30	60	50	2,40	2,40	2,40	2,40	4,80	4,00
Бумага для принтера	упак	1	1	1	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
Тетрадь	шт	1	1	1	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Ручка	шт	1	1	1	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Карандаш	шт	1	1	1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>Итого:</b>								<b>330,3</b>	<b>333,2</b>	<b>332,2</b>

#### 4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет затрат на специальное оборудование для проведения лабораторных испытаний приведен в таблице 17 (Приложение 2).

#### 4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Для расчета основной заработной платы необходимо учесть рабочие и

нерабочие дни, для этого составляем таблицу 18:

Таблица 18 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	252	252

Месячный должностной оклад можно рассчитать по формуле 7:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * k_{\text{р}} \quad (7)$$

Месячный должностной оклад руководителя:

$$З_{\text{м}} = 26050 * 1,3 = 33865,00\text{р.}$$

Месячный должностной оклад бакалавра:

$$З_{\text{м}} = 12130 * 1,3 = 15769,00\text{р.}$$

где  $З_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Среднедневная заработная плата рассчитывается согласно формуле 8:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} \quad (8)$$

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$З_{\text{дн}} = \frac{33865 * 10,4}{252} = 1397,6$$

Среднедневная заработная плата бакалавра:

$$З_{\text{дн}} = \frac{15769 * 10,4}{252} = 650,78$$

где  $З_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$$M = (366 - 48) \cdot 12 / 366 = 10,4$$

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 18).

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , тыс. руб.	З <sub>дн</sub> , тыс. руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , тыс. руб.
Руководитель			33865		9	
Исполнитель					81	
ИТОГО						

Расчет основной заработной платы по трем исполнениям приведен в таблице 20 (Приложение 3).

#### 4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В таблице 21 представлены расчеты общей заработной платы с учетом дополнительной, которая рассчитывается по формуле 9:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (9)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,12)

Таблица 21 – Общая заработная плата исполнителей (исп.1)

Исполнитель	З <sub>осн.</sub> , руб	З <sub>доп 12%</sub> , руб.	З <sub>зп</sub> , руб.
Руководитель		1509,408	14087,808
Бакалавр		6325,5816	59038,7616

#### 4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	12578,4	10826,96	10826,96	1509,408	1299,2352	1299,2352
Бакалавр	52713,18	50893,76	50752,18	6325,5816	6107,2512	6090,2616
<b>Итого:</b>	<b>65291,58</b>	<b>61720,72</b>	<b>61579,14</b>	<b>7834,9896</b>	<b>7406,4864</b>	<b>7389,4968</b>
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%					
<b>Итого</b>						
<b>Исполнение 1</b>	<b>22084,22</b>					
<b>Исполнение 2</b>	<b>20876,42</b>					
<b>Исполнение 3</b>	<b>20828,53</b>					

#### 4.2.4.6 Накладные расходы

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{ст. 1} \div 7) * k_{\text{нр}} \quad (10)$$

$$З_{\text{накл}}(\text{исп. 1}) = 131971,10 * 0,16 = 21115,38 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл}}(\text{исп. 2}) = 130236,84 * 0,16 = 20837,89 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл}}(\text{исп. 3}) = 144789,34 * 0,16 = 23166,29 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов берем в размере 16%.

#### 4.2.4.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты	330,31	333,22	332,18
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	36430,00	39900,00	54660,00
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	65291,58	61720,72	61579,14
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7834,99	7406,49	7389,50
5. Отчисления во внебюджетные фонды	22084,22	20876,42	20828,53
6. Накладные расходы	21115,38	20837,89	23166,30
7. Бюджет затрат проводимого исследования	<b>153086,48</b>	<b>151074,74</b>	<b>167955,64</b>

Исп.1 – «Imperial Energy»

Исп.2 – «Башнефть»

Исп.3 – «Татнефть»

#### 4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Оценка эффективности исследования требует комплексного анализа, включая ресурсную, финансовую, социальную и экономическую сторону вопроса. В таблице 24 приведена сравнительная оценка трех вариантов исполнения по различным критериям.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	5	4	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	5	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	5	3
4. Энергосбережение	0,20	5	2	3
5. Надежность	0,25	5	5	2
6. Материалоемкость	0,15	4	2	4
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>23</b>	<b>17</b>

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения рассчитывается по формуле 11:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i \quad (11)$$

$$I_{p-исп1} = 5 * 0,10 + 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 5 * 0,20 + 5 * 0,25 + 4 * 0,15 = 4,85;$$

$$I_{p-исп2} = 4 * 0,10 + 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 2 * 0,20 + 5 * 0,25 + 2 * 0,15 = 3,85;$$

$$I_{p-исп3} = 2 * 0,10 + 3 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,20 + 2 * 0,25 + 4 * 0,15 = 2,80.$$

Интегральный финансовый показатель разработки (формула 12):

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (12)$$

где  $I_{финр}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная скорость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\phi}(\text{исп. 1}) = \frac{153086,48}{167955,64} = 0,87;$$

$$I_{\phi}(\text{исп. 2}) = \frac{151074,74}{167955,64} = 0,89;$$

$$I_{\phi}(\text{исп. 3}) = \frac{167955,64}{167955,64} = 1;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле 13:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} \quad (13)$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{4,85}{0,87} = 5,57;$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{3,85}{0,89} = 4,32;$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{2,8}{1} = 2,8.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по формулам:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{m3}^{\text{р}}}{I_{m3}^{\text{а1}}} = \frac{5,57}{4,32} = 1,29;$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{m3}^{\text{р}}}{I_{m3}^{\text{а1}}} = \frac{5,57}{2,8} = 1,99.$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{m3}^{\text{р}}$  – интегральный показатель разработки;

$I_{m3}^{\text{а}}$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп 1	Исп 2	Исп 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	0,89	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	3,85	2,80
3	Интегральный показатель эффективности	5,57	4,32	2,80
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,29		1,99

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что вариант решения (Исп 1- «Imperial Energy») поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.



Полученная величина интегрального финансового показателя (Исп 1) = 0,87 наиболее удешевляет стоимость разработки. Также данное исполнение имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,85).

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Д	Пастаевой Алине Кирилловне

Школа	ИШПР	Отделение	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	21.03.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

<b>Анализ эффективности воздействия деэмульгаторов на процесс разрушения водонефтяных эмульсий на Южно-Майском нефтяном месторождении (Томская область)</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: химико-аналитическая лаборатория.</p> <p>Область применения: месторождение Южно-Майское.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) – ТК РФ – Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом.</p>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенный уровень шума и вибрации;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Отклонение показателей температуры воздуха в помещении;</li> <li>– Повышенная загазованность и запыленность воздуха в помещении</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Пожароопасность;</li> <li>– Поражение электрическим током;</li> <li>– Попадание химических веществ в организм</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Атмосфера: распыление химических реагентов, выделение газа из нефти;</p> <p>Гидросфера: утечка химических веществ и нефти;</p> <p>Литосфера: загрязнение почвы реагентами</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Возможные ЧС на объекте: пожары, взрывы, аварии, газонефтеводопроявления;</p> <p>Наиболее типичная ЧС: газонефтеводопроявления.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	6.03.2020
--	-----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Д	Пастаева Алина Кирилловна		

## **5 Социальная ответственность**

Социальная ответственность предполагает объективно обусловленную необходимость соблюдения индивидом основных правил, норм, требований. Такое поведение – неперенное условие нормального функционирования общества, коллективной жизни. Социальная ответственность на производстве подразумевает создание превентивных мер для предупреждения несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций.

Основная работа по исследованию влияния деэмульгаторов на водонефтяную эмульсию проходит в лабораторных условиях, поэтому производится оценка безопасности работы в химической лаборатории. Деэмульгаторы – это поверхностно-активные вещества, разрушающие водонефтяную эмульсию. Они являются легковоспламеняющимися, как и сама эмульсия, и ядовитыми, поэтому работа с ними требует повышенного внимания к безопасности.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения**

#### **безопасности**

Время отдыха и рабочее время регламентируется графиком работы на предприятии, который утверждается работодателем с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном статьей 372 ТК РФ [11] для принятия локальных нормативных актов, и доводится до сведения работников не позднее чем за два месяца введения его в действие.

Лабораторные испытания деэмульгаторов проходят непосредственно на месторождении, поэтому основной метод работы – вахтовый. Работники, привлекаемые к работам вахтовым методом, в период нахождения на месторождении обеспечены всем необходимым согласно Трудовому кодексу РФ (глава 47) [12].

Рабочее время и время отдыха регламентируются графиком работы на вахте, который учитывает также время на проезд от места проживания до

вахты и обратно. Каждый день междувахтового отдыха оплачивается в размере дневной тарифной ставки в связи с переработкой в рабочее время.

Для работников, выезжающих в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности устанавливается районный коэффициент, и выплачиваются процентные надбавки. Южно-Майское месторождение находится в Каргасокском районе Томской области и относится к районам Крайнего Севера, поэтому имеют место процентные надбавки, которые составляют: по истечении первого года работы – 10%, за каждый последующий год работы – увеличение на 10% по достижении 50% заработка. Также для работников Крайнего Севера и приравненных к ним местностей предусмотрен дополнительный оплачиваемый отпуск.

Рабочая зона обеспечена необходимым оборудованием и достаточным количеством материалов для качественного исполнения работ. Оборудование прошло техническое освидетельствование, деэмульгаторы для исследования имеют технические паспорта.

Для обеспечения безопасности работ в лаборатории предусмотрена защитная одежда, очки, перчатки. Предусмотрено основное и аварийное освещение, вытяжной шкаф и средства пожаротушения.

## **5.2 Производственная безопасность**

В процессе трудовой деятельности на человека могут влиять вредные и опасные производственные факторы. К вредным относят факторы, вызывающие заболевания, к опасным – травмы.

Испытания проводились в химической лаборатории и подразумевали работу с реагентами, которая для обеспечения безопасности должна соответствовать нормативным документам. Выявленные в ходе испытаний опасные и вредные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [13] приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Подготовка реагентов	Лабораторные испытания деэмульгаторов	Анализ полученных результатов	
1. Повышенный уровень шума и вибрации;	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [14]; ГН 2.2.5.2308-07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [15]; ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [16]; ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [17]; ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [18].
2. Недостаточная освещенность;	+	+	+	
3. Отклонение показателей микроклимата;	-	-	+	
4. Повышенная загазованность и запыленность;	+	+	+	
5. Пожароопасность;	+	+	-	
6. Поражение электрическим током;	-	+	-	
7. Попадание химических веществ в организм	+	+	-	

### 5.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование

#### мероприятий по снижению уровня воздействия

#### Повышенный уровень шума и вибрации

Производственные процессы, такие как работа производственного оборудования, сопровождаются проявлениями шума или вибраций, которые оказывают негативное влияние на слуховой орган и на нервную систему в целом.

В состав лабораторного оборудования входит роторная центрифуга ОПН-3. Корректированный уровень ее звуковой мощности при измерительном расстоянии 1 м не превышает 83дБ. Предельно допустимый уровень звука в лабораторных условиях составляет 80 дБ (ГОСТ 12.1.003-2014 [14]). Для снижения влияния шума применяются средства индивидуальной защиты (СИЗ) органов слуха, такие как вкладыши, полувкладыши и наушники. Также работа центрифуги за счет вращения ротора создает вибрации, для защиты от которых необходимо использовать перчатки.

### **Недостаточная освещенность**

Освещение выполняет полезную общефизиологическую функцию, способствующую появлению благоприятного психического состояния людей. С улучшением освещения повышается работоспособность, качество работы, снижается утомляемость, вероятность ошибочных действий, травматизма, аварийности. Недостаточное освещение ведет к перенапряжению глаз, к общему утомлению человека. Кроме того, работа при низкой освещенности способствует развитию близорукости и других заболеваний, а также расстройству нервной системы. Повышенная освещенность тоже неблагоприятно влияет на общее самочувствие и зрение, вызывая, прежде всего, слепящий эффект.

Стены лаборатории окрашены в светло-зеленый цвет, что повышает равномерность распределения яркостей в поле зрения, в данном случае стены представляют собой фон. Для регулирования естественного освещения в лаборатории используются жалюзи темно-зеленого цвета. При недостаточном освещении (в темное время суток) в качестве общего освещения используются разрядные лампы, в качестве местного – галогенные.

Также в помещении предусмотрено аварийное освещение, предназначенного для использования при нарушении питания рабочего освещения.

## **Отклонения показателей микроклимата**

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Микроклимат по степени влияния на тепловой баланс человека подразделяется на:

- нейтральный;
- нагревающий;
- охлаждающий.

Защита от вредного влияния отклонений микроклимата в производственном помещении осуществляется с помощью нормирования верхней и нижней границы температуры среды для поддержания теплового состояния работника на оптимальном или допустимом уровне, установления при необходимости в помещении нагревательного или охлаждающего оборудования согласно требованиям безопасности и использования средств защиты (одежды, перчаток), обеспечивающих сохранение должного уровня общего и локального теплообмена организма.

## **Повышенная загазованность и запыленность**

При проведении экспериментов с химическими продуктами, возможно образование повышенной концентрации вредных веществ в воздухе, а также запыленность при несоблюдении санитарных норм в лаборатории.

Для защиты от этих вредных факторов применяются средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). К ним относятся противогазы, респираторы, маски и полумаски, а также самоспасатели, используемые во время аварийных ситуаций на производстве.



## **5.2.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровня воздействия**

### **Пожароопасность**

В качестве сырья для лабораторных испытаний представлена нефть, которая является легковоспламеняющейся жидкостью (ЛВЖ) с температурой вспышки – (-17°C), поэтому в лаборатории предусмотрены дополнительные меры для предотвращения возможных возгораний: опыты проводились в вытяжном шкафу, для предотвращения попадания в воздушную среду вредных и взрывоопасных веществ.

При работе с ЛВЖ необходима особая осторожность. Для недопущения возгорания необходимо внимательно следить за тем, чтобы вблизи нагревательных приборов и открытого пламени не находились ЛВЖ, нельзя допускать соприкосновения бумаг, тканей и других легковоспламеняющихся предметов с открытым пламенем.

В качестве средств пожаротушения для химической лаборатории используются: углекислотный и пенный огнетушитель, покрывала из теплоизоляционного полотна, песок.

При тушении пожара следует учитывать, что скорость развития пожара составляет ~ 5 м/мин и что пламя может поглотить помещение течение 20 минут.

Лаборатория обеспечена системой пожарной сигнализации.

### **Поражение электрическим током**

Основной источник опасности поражения электрическим током в лаборатории – находящееся под напряжением электрооборудование. В данном исследовании электрооборудование представлено роторной центрифугой и нагревательной печью для водяной бани. Также к оборудованию, которое может вызвать поражение электрическим током, можно отнести светильники и электрические отопительные и вентиляционные приборы.

Для предотвращения несчастного случая необходимо правильно пользоваться электроприборами: при включении соединительный шнур сначала присоединяется к прибору, а затем уже прибор включается в общую сеть. Выключение производится в обратном порядке. Если при работе на электроустановке появилось слабое ощущение действия тока, необходимо прекратить работу, выключить рубильник и сообщить ответственному лицу за лабораторией.

Очень важно соблюдать соответствующие расстояния до токоведущих частей или путем закрытия, ограждать токоведущие части; а также использовать средства защиты и приспособления для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, например, перчатки или обувь из диэлектрического материала, подставки для оборудования.

### **Попадание химических веществ в организм**

Одним из главных источников опасности в химической лаборатории является химический реагент, относящийся к вредным веществам. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 [16], вредным веществом является такое вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности (ГОСТ 12.1.007-76):

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й – вещества высокоопасные;
- 3-й – вещества умеренно опасные;
- 4-й – вещества малоопасные.

По данным токсикологических исследований деэмульгаторы относятся к 3 классу опасности. Для веществ, принадлежащих 3-му классу, установлены значения:

- Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/куб. м – 1,1-10,0;
- Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг – 151-5000;
- Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг – 501-2500;
- Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/куб. м – 5001-50000.

Основным материалом в ходе работы является водонефтяная эмульсия, являющаяся легковоспламеняющейся жидкостью и способная образовывать взрывоопасные смеси.

Деэмульгаторы – химические реагенты, способные вызвать отравление организма при попадании внутрь, раздражение – при попадании на кожные покровы и в дыхательные пути, и при достижении определенных значений способны вызвать летальный исход, также возможны аллергические реакции.

Возможными опасностями при работе в лаборатории являются неисправное электрооборудование и несоблюдение правил электробезопасности, которые могут привести к поражению электрическим током.

Согласно ГОСТ Р 58367-2019 [19]: «В производственных помещениях лаборатории предусматривают хранение суточного запаса химических реактивов (в том числе ЛВЖ, ГЖ, прекурсоров)». При нарушении противопожарных норм и правил хранения химических реактивов и оборудования лаборатории возможно возникновение пожара.

Перед началом работы с вредными химическими реагентами проводится инструктаж.

### **5.3 Экологическая безопасность**

#### **Защита атмосферы**

Охрана окружающей среды достигается комплексом мероприятий, направленных на предотвращение утечек и сокращение потерь, например, потерь при испарении легких фракций нефти во время хранения или при распылении и разливе нефти и химических реагентов, после которых следует выделение углекислого газа и метана в атмосферу.

Мероприятия по защите атмосферы от загрязнения при работе с химическими реагентами включают:

- проверку оборудования и резервуаров, где хранятся реагенты, на герметичность;
- контроль испарений газов (газа из эмульсии, вредных паров реагентов) в ходе выполнения лабораторных испытаний;
- утилизация отходов согласно правилам безопасности.

#### **Защита гидросферы**

Основной вред гидросфере при работе с химическими реагентами происходит во время их утилизации, например, загрязнение поверхностных и подземных вод остатками реагентов или нефтепродуктов при утечке.

Для предотвращения вредного влияния на гидросферу необходимо:

- следить за герметичностью трубопровода, резервуаров и остального оборудования;
- установить фильтры в пунктах сброса для уменьшения агрессивности среды химических реагентов;
- создать контрольные пункты, фиксирующие состояние поверхностных и подземных вод.

#### **Защита литосферы**

Утечка нефтепродуктов и химических реагентов приводит к загрязнению не только гидросферы, но и литосферы. Негативному влиянию подвергаются почвенные и растительные покровы.

Утечки происходят путем проникновения жидкости через неплотности оборудования и сальники, фланцевые соединения, поэтому для уменьшения вредного влияния на литосферу необходима надежная герметизация всего технологического комплекса. Также для ограничения попадания вредных веществ в почву можно произвести обвалование резервуарного парка.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации (ЧС), которые могут возникнуть в ходе данного исследования:

- пожар, в случае возгорания реагентов или эмульсии, относящихся к легковоспламеняющимся веществам;
- нарушение электроснабжения или полное отключение подачи электроэнергии.

Наиболее вероятной ЧС в химической лаборатории является пожар. Значительная часть химических соединений, анализируемых и синтезируемых в лабораториях, представляет собой горючие и легковоспламеняющиеся вещества. В виде газов, паров и пыли эти вещества с кислородом воздуха могут образовывать взрывоопасные смеси.

Для предупреждения возникновения ЧС в химической лаборатории нужно соблюдать следующие меры:

1. Помещение лаборатории следует содержать в чистоте и порядке.
2. Горючие отходы, мусор, ветошь, отработанные кислоты и щелочи необходимо собирать и сливать в предназначенные для этой цели специальные контейнеры и места слива.
3. Не загромождать выходы и проходы
4. Химическая лаборатория должна быть укомплектована первичными средствами пожаротушения (углекислотный и пенный огнетушители, песок), они должны находиться в свободном доступе

5. Помещение химической лаборатории должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжным шкафом с принудительной вытяжкой, обеспечивающими надлежащий воздухообмен.

6. Рабочие поверхности лаборатории должны быть полностью покрыты несгораемым материалом, а при работе с кислотами и щелочами – антикоррозийным материалом и иметь бортики.

7. Воздухообмен в помещении химической лаборатории должен быть рассчитан таким образом, чтобы фактические концентрации паров, газов и пыли в воздухе рабочих помещений не превышали предельно-допустимой взрывобезопасной концентрации.

8. Электрооборудование химической лаборатории должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок».

9. Пролитые масла, химреактивы и другие горючие жидкости должны немедленно убираться.

При возникновении чрезвычайной ситуации проводятся мероприятия по локализации аварийного процесса и ликвидации последствий.

При возникновении ЧС действия работников в первую очередь должны быть направлены на обеспечение безопасности и эвакуации людей. При обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры воздуха и др.) необходимо:

- немедленно сообщить ответственному за пожарную безопасность;
- принять посильные меры по эвакуации людей и тушению пожара;
- поставить в известность об обнаружении пожара руководство.

Приступить к тушению пожара можно только в случае отсутствия явной угрозы жизни и наличию возможности покинуть опасное место в любой момент тушения пожара.

Для обеспечения безопасности работы в химической лаборатории допускаются только лица, прошедшие инструктаж по охране труда, технике безопасности и противопожарным мероприятиям.

## **Заключение**

В данной главе были рассмотрены требования промышленной безопасности при работе в химической лаборатории, были выявлены основные опасные и вредные факторы и приведены меры по их предупреждению. Соблюдение мер безопасности при работе с легковоспламеняющимися и вредными веществами (деэмульгатор, эмульсия) позволит снизить уровень влияния вредных факторов на сотрудника и предупредить наступление ЧС.

Также в работе было рассмотрено влияние вредных веществ на экологию и приведены мероприятия по ее защите, позволяющие снизить негативные последствия воздействия на природу.

## **Заключение**

В выпускной квалификационной работе была изучена геологическая и геолого-промысловая характеристика месторождения, рассмотрено понятие нефтяной эмульсии и причины ее образования; проводились лабораторные испытания деэмульгатора, путем приготовления растворов деэмульгаторов, приготовления водонефтяной эмульсии определенной обводненности, дозирования деэмульгатора и наблюдения за ходом испытаний с фиксированием результатов через определенные промежутки времени.

Основная работа заключалась в проведении многофакторного эксперимента в лаборатории. Для этого были взяты деэмульгаторы «Baker Petrolite», «SEPAROL» и «KEMELIX-3417MM». В ходе исследования с помощью «bottle test» был отобран наиболее подходящий для эмульсии Южно-Майского месторождения образец – «Baker Petrolite DMO». Далее была определена наиболее эффективная модификация выбранной компании производства – DMO-86416.

Следующим шагом был проведен сравнительный анализ «Baker Petrolite DMO-86416» с конкурентным деэмульгатором «Пральт-11 м. А1-120А». После проведения «bottle test» образцы были дополнительно протестированы на количество остаточной воды в нефтяном слое методом Дина-Старка. Проанализировав результаты обоих испытаний была отмечена наибольшая эффективность деэмульгатора серии Пральт-11. Образец «Пральт-11 м. А1-120А» был рекомендован для дальнейших промышленных испытаний. Он обеспечил четкую межфазную границу, наименьшую толщину промежуточного слоя (1 мл) и высокую скорость отделения воды. Также была установлена оптимальная дозировка деэмульгатора, составившая 20 г/т.

В ходе написания работы также были рассчитаны экономические показатели выбора исполнения исследования, которые доказали ресурсоэффективность данной работы.

Было уделено особое внимание мерам производственной и экологической безопасности. Определены вредные и опасные



производственные факторы, меры по снижению их воздействия на человека и мероприятия по устранению. При нарушении правил хранения, транспортировки, использования и утилизации деэмульгаторов и других химических веществ возникают угрозы окружающей среде, поэтому в работе также были рассмотрены вопросы экологической безопасности.

### Список используемых источников

1. ГОСТ Р 51858-2002 Нефть. Общие технические условия.
2. Шишмина Л.В. Сбор и подготовка продукции нефтяных скважин / Л.В. Шишмина. – Томск: ТПУ, 2011. – С. 123-126.
3. Кравцов А.В. Технологические основы и моделирование процессов промысловой подготовки нефти и газа / А.В. Кравцов, Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина, О.Е. Мойзес, Е.А. Кузьменко, А.А. Гавриков. – Томск: ТПУ, 2012. – 125с.
4. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти / В.П. Тронов. – Казань: ФЭН, 2000. – 414 с.
5. Очилов А.А. Деэмульгаторы для разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий/ А.А. Очилов, Б.С. Олимов. – Иваново: Олимп, 2017. – С. 12-13.
6. Добыча и подготовка нефти [Электронный ресурс]. – Сайт группы компаний «Imperial Energy». – URL: <http://www.imperialenergy.com/ru/operations/dit/>
7. Трушкова Л.В. Методики оценки эффективности реагентов-деэмульгаторов / Л.В. Трушкова, Ю.А. Сарычева // Нефть и газ Западной Сибири: Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина А.Н., Тюмень, 15-16 октября 2015г. – Тюмень, 2016. – С. 210-213.
8. ГОСТ 2517-2012 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.
9. ГОСТ 2477-65. Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды.
10. Добыча нефти в России [Электронный ресурс]. TAdviser – Государство. Бизнес. IT. – URL: <http://www.tadviser.ru/a/168328>
11. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) – ТК РФ – Статья 372. Порядок учета мнения выборного

органа первичной профсоюзной организации при принятии локальных нормативных актов.

12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) – ТК РФ – Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом.

13. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

14. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

15. ГН 2.2.5.2308-07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

16. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

17. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

18. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

19. ГОСТ Р 58367-2019 Национальный стандарт. Обустройство месторождений нефти на суше. Технологическое проектирование.

## Приложение 1

Таблица 14 – Временные показатели проведения ВКР

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож\ i}$ чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Выбор направления исследований	1	0,8	0,8	2	2	1,8	1,4	1,28	1,2	Р,Б	Р,Б	Р,Б	0,70	0,64	0,6	1	1	1
Составление технического задания	0,6	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,68	0,62	0,66	Р	Р	Р	0,68	0,62	0,66	1	1	1
Изучение литературы, нормативных документов, составление литературного обзора	13	11	12	17	15	16	14,6	12,6	13,6	Б	Б	Б	14,6	12,6	13,6	22	20	20
Изучение методики проведения экспериментов	4	4	3	6	5	5	4,8	4,4	3,8	Б	Б	Б	4,8	4,4	3,8	7	7	6
Знакомство с оборудованием для проведения экспериментов	6	5	6	7	7	7	6,4	5,8	6,4	Р,Б	Р,Б	Р,Б	3,2	2,9	3,2	5	4	5
Проведение экспериментов	16	15	15	18	17	16	16,8	15,8	15,4	Б	Б	Б	16,8	15,8	15,4	25	24	23
Обработка результатов, оформление таблиц данных, графиков	9	8	9	10	10	10	9,4	8,8	9,4	Б	Б	Б	9,4	8,8	9,4	14	13	14
Обсуждение полученных результатов	9	9	8	10	10	10	9,4	9,4	8,8	Р,Б	Р,Б	Р,Б	4,7	4,7	4,4	7	7	7
Оформление выводов	7	6	6	8	9	8	7,4	7,2	6,8	Б	Б	Б	7,4	7,2	6,8	11	11	10
Оформление пояснительной записки	15	14	14	16	16	15	15,4	14,8	14,4	Б	Б	Б	15,4	14,8	14,4	23	22	21
Итого:													78	73	72	116	110	108

## Приложение 2

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/ п	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.			Амортизационные отчисления, тыс. руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Вытяжной комплекс	Вытяжной комплекс	Вытяжной комплекс	1	1	1	1198,2	1198,2	1198,2	32,83	32,83	32,83
2.	Роторная центрифуга (типа ОПН-3)	Роторная центрифуга (типа ОПН-3)	Роторная центрифуга (типа ОПН-3)	1	1	1	12,59	12,59	12,59	0,49	0,49	0,49
3.	Баня водяная ПЭ-4312	Баня водяная ПЭ-4312	Баня водяная ПЭ-4312	1	1	1	31,69	31,69	31,69	1,74	1,74	1,74
4.	Аппарат Т АКОВ-10	Аппарат DS-1	Прибор ВАД-40М	1	1	1	4,07	42,05	203,70	0,37	3,84	18,60
5.	Цилиндр мерный с крышкой 500 мл	Цилиндр мерный с крышкой 500 мл	Цилиндр мерный с крышкой 500 мл	10	10	10	3,5	3,5	3,5	0,96	0,96	0,96
6.	Пипетка градуированная, на полный слив, 1 мл	Пипетка градуированная, на полный слив, 1 мл	Пипетка градуированная, на полный слив, 1 мл	2	2	2	0,15	0,15	0,15	0,04	0,04	0,04
<b>Итого:</b>										<b>36,43</b>	<b>39,90</b>	<b>54,66</b>

### Приложение 3

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям			Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Выбор направления исследований	Р,Б	Р,Б	Р,Б	1,4	1,28	1,2	1023,5	985,8	978,5	1023,5	985,6	978,4
2	Составление технического задания	Р	Р	Р	0,68	0,62	0,66	1397,6	1346,1	1336,2	1397,6	1345,9	1336,0
3	Изучение литературы, нормативных документов, составление литературного обзора	Б	Б	Б	14,6	12,6	13,6	650,8	626,8	622,2	9761,7	9400,5	9331,3
4	Изучение методики проведения экспериментов	Б	Б	Б	4,8	4,4	3,8	650,8	626,8	622,2	3904,7	3760,2	3732,5
5	Знакомство с оборудованием для проведения экспериментов	Р,Б	Р,Б	Р,Б	6,4	5,8	6,4	1023,5	985,8	978,5	5117,5	4928,1	4891,9
6	Проведение экспериментов	Б	Б	Б	16,8	15,8	15,4	650,8	626,8	622,2	10412,8	10027,5	9953,7
7	Обработка результатов, оформление таблиц данных, графиков	Б	Б	Б	9,4	8,8	9,4	650,0	626,1	621,4	7800,0	7511,4	7456,1
8	Обсуждение полученных результатов	Р,Б	Р,Б	Р,Б	9,4	9,4	8,8	1023,5	985,8	978,5	7164,5	6899,4	6848,6
9	Оформление выводов	Б	Б	Б	7,4	7,2	6,8	650,8	626,8	622,2	7158,8	6893,9	6843,2
10	Оформление пояснительной записки	Б	Б	Б	15,4	14,8	14,4	650,8	626,8	622,2	11550,5	11124,9	11043,0
<b>Итого:</b>								<b>8372,1</b>	<b>8063,6</b>	<b>8004,2</b>	<b>65291,6</b>	<b>62877,4</b>	<b>62414,6</b>

Р – руководитель;

Б - бакалавр

